CONTENTS OF NO. 22

(In Japanese with English summary except * in English)

HIRANO, T. and SUGIURA, K.
On the salinity distribution in a small bay with river discharge ..... (1)

TAKEMURA, Y.
Bottom character of pearlng bed in the Arafura Sea—I. Size distribution and mud contents of the Thursday Island and east regions ..... (17)

SAGARA, J.
On the optimum temperature and salinity for the development of hard clam, *Meretrix meretrix lusoria* (RÖDING) ..... (27)

*INO, T.
Ecological studies of the topshell, *Turbo cornutus* (SOLANDER) ..... (33)

TAKAYAMA, S. and KOYAMA, T.
Studies on trawl-net—II. Determination of the angle of inclination of triangular brackets giving the optimal angle of attack to the otter board ..... (37)

TAKAYAMA, S. and YOSHIMUTA, C.
Fundamental study of the detection of fish by supersonic wave—I. Preliminary tests on the supersonic reflction of fish and fishing net with a 50 kc supersonic fish finder ..... (47)

YANASE, M.
The vitamin B_6 content of fish liver ..... (53)

HIRAO, S. and KIKUCHI, R.
Fluorodermin, a newly found fluorescent hydrocarbon in the skin of fishes ..... (57)

Published Quarterly by

TOKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

TSUKISHIMA, CHUO-KU, TOKYO

JAPAN

本報告略号
—東 海 水 研 報—

Abbreviation of this bulletin
—Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.—

昭和 33 年 12 月 25 日 印 刷
昭和 33 年 12 月 27 日 発 行

発 行 所　水産庁東海区水産研究所
東京都中央区月島3号地

発 行 者　源 生 一 太 郎
東京都中央区月島3号地

印 刷 者　田 中 忠 雄
東京都中央区新富町3の6

印 刷 所　日本応用印刷株式会社
東京都中央区新富町3の6
電 話 築 地 (55) 7191～5

河川流入のある小内湾の塩分分布に就いて*

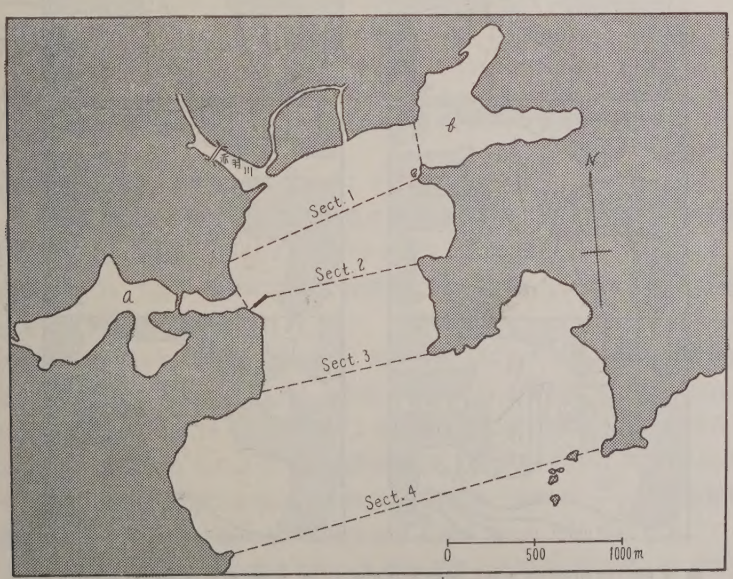
平野敏行・杉浦健三

緒　　言

河川水が流入している海湾では，一般に河川水の流入量と海湾の形状，潮汐，渦動，気象状況等から流動状況や塩分分布の模様が決定されるであろう。故に，河川水の流入状況如何はこの様な海湾の生産力，ひいてはそこにおける漁業に大きな影響をもつと想像される。特に近年工場廃水や都市排水の放水量が増大し，害水が多量に河川水に混入されたり，ダム放水のため河川水が著しく増加する処では，このために沿岸漁業が重大な危機に瀕していると言われている。この様な問題に関連する所謂 estuary の物理的諸性質に関する調査や理論的研究[1)~22)]は既に幾多の人々によつてなされているが，その殆んどが比較的スケールの大きい海湾についてなされたもので，日本の沿岸に見られる様な小内湾を対象にしたものは少い。ここでは，三重県桂城湾における宮川ダム放水影響調査[23)~25)]から，特に小内湾（長島湾）に河川水（赤羽川）が流入する場合，その流入量に応じて湾内の物理量分布（塩分分布）が如何に変化するかを長島湾の調査資料に基づいて検討した。なおごく小さい内湾（三浦湾）における平均的な物理量変化は，放水量や小内湾のスケール，潮汐混合に応じてどの様に決定されるかを，予備的考察として推算し，附録とした。

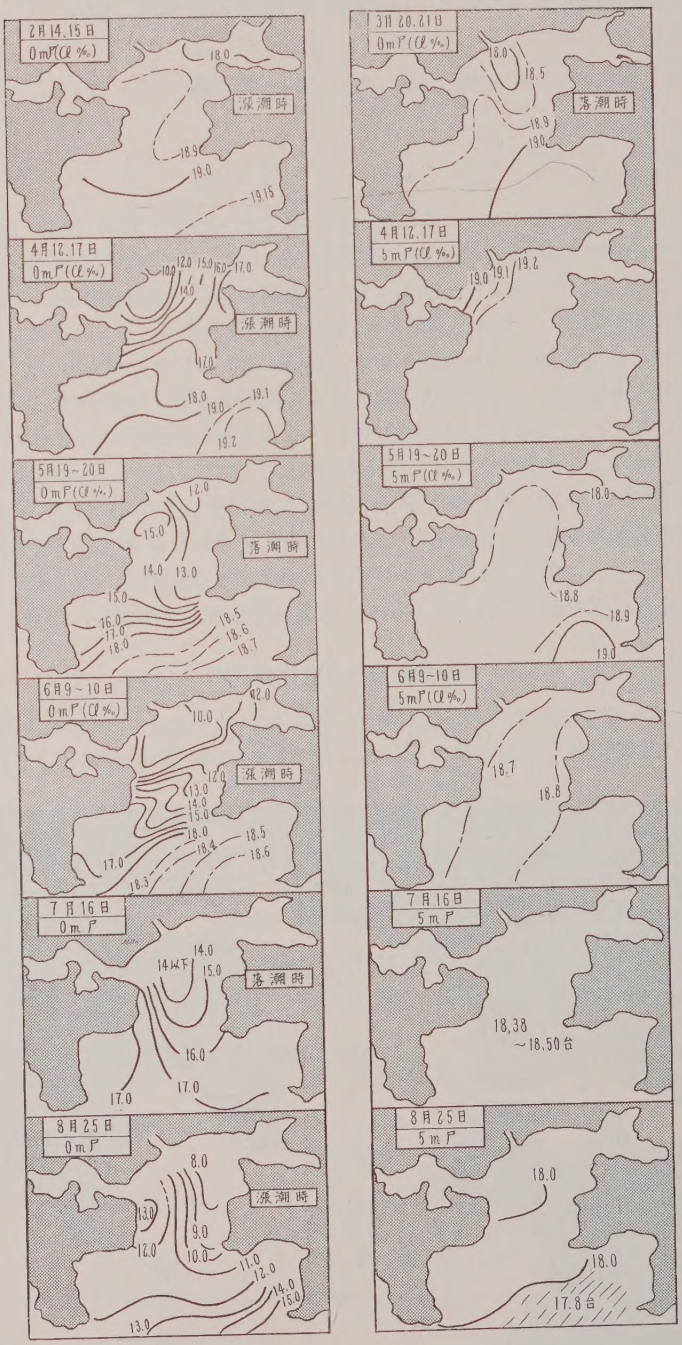
長島湾の塩分分布について

長島湾は第 1 図に示す様に 2 つの入江を持ち，湾口部が稍々大きく広がつた総面積約 $465.4\times10^4\,m^2$ の湾で，その湾奥部に赤羽川が流入している。今第 2 図に昭和 32 年 2 月から 8 月に至る各



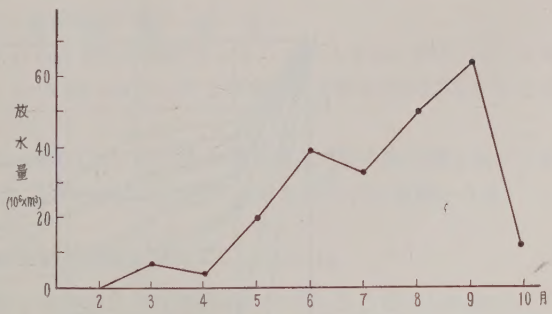
第 1 図　長島湾全図（Sect. 1, 2, 3, 4 は面積区画線及び横断観測線，a, b：入江）

* 1958 年 9 月 15 日受理　東海区水産研究所業績 A 第 82 号



第 2 図 昭和 32 年 2 月～同年 8 月の各月 0, 5 m 層の塩素量分布 (Cl ‰)

月毎の長島湾の表面及び 5m 層の塩素量分布を示した。ここに，4月以降の分布図は，宮川ダム完成にともなつて，赤羽川へダム放水がなされている状態を示している。その放水量は月別に第3図に示した。これら第 1, 2, 3 図及び観測資料から長島湾の塩素量分布について次の様に考察される。



第 3 図　月別放水量（三重県電気局による）

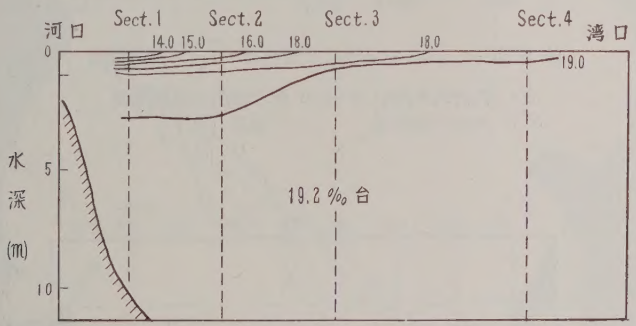
1)　塩素量分布は放水量によつて大きく変化している。

2)　潮時によつて分布状況が異つている。即ち，

i)　漲潮時には湾の西岸沿いに塩素量の薄い水が流出している模様を示し，

ii)　落潮時には湾の東岸寄りに流出している模様を示している。

3)　第2図及び湾内平均塩素量断面分布（一例を第4図に示す）より，湾内水は明らかな二重層を形成し躍層は 1m 層附近に在ると推定される。そして塩素量が変化しているのは，その上層部においてであり，下層部は殆んど変化なく，沖合水の塩分に近い。即ちこのことは，



第 4 図　昭和32年4月17日観測による湾内平均塩素量縦断面分布

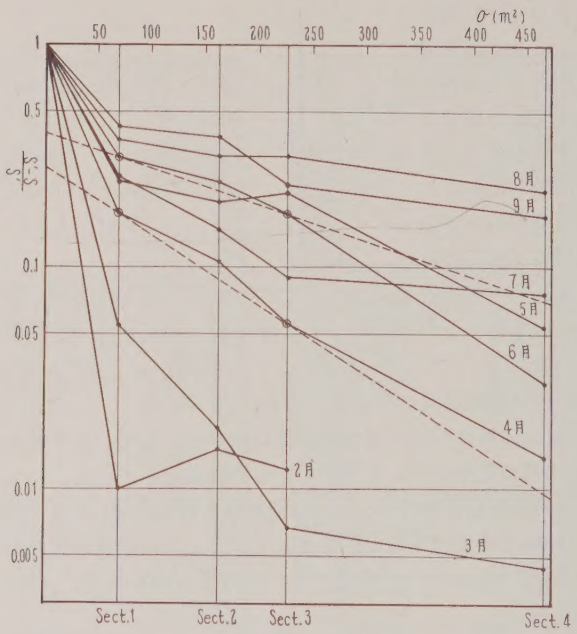
i)　躍層を通じて，上昇流が存在することを暗示し，

ii)　この層を通しての擾乱による塩素量の交換は上層部に大きい影響を与えるが，下層部はその容積が大きいためか，受ける影響が少い様に思われる。

4)　風向風速については，調査には比較的静穏な日が選ばれているため，塩素量分布との関係を検討するには不十分である。

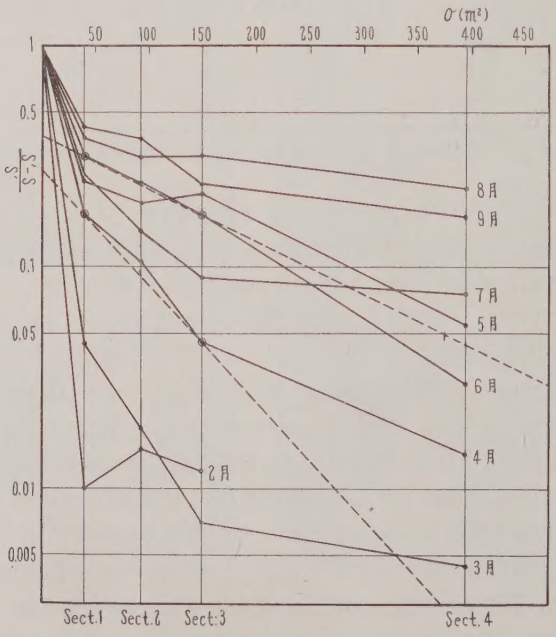
さて以上の考察に基づいて，問題を単純化し，河川水流入によつて長島湾の塩素量分布がどの様に決定されるかを検討するために，湾奥から沖合に向つての上層部に於ける平均的な塩素量分布の模様について考えよう。これは 2) の潮汐による影響を近似的に取除くことになるであろう。今 S' を沖合の塩分，S を湾を直角によぎるある横断線（第1図参照）における 0～1m 層までの平均塩素量として，後述の理論的考察との関連のために，片対数表上縦軸に $\frac{S'-S}{S'}$，横軸にその横断観測線までの面積 σ をとり，各月毎にその関係を示すと第5図—a, b の様になる。ここに長島湾は2つの入江を持つため，面積 σ を計算する時，入江を考慮した場合（第5図—a）と考慮しない場合（第5図—b）の2通りについて図示した。全般的に見て第5図—a, b から次のことが考察される。

1)　最初の観測線（第1線）までに塩分は急激に変化し著しく増加している。



第 5 図—a 入江を考慮した場合の $\frac{S'-S}{S'}$, σ 曲線

S: 湾内区画線の 0～1 m 層の横断平均塩素量
S': 沖合の塩素量　　σ: 面積 (m^2)



第 5 図—b 入江を考慮しない場合の $\frac{S'-S}{S'}$, σ 曲線

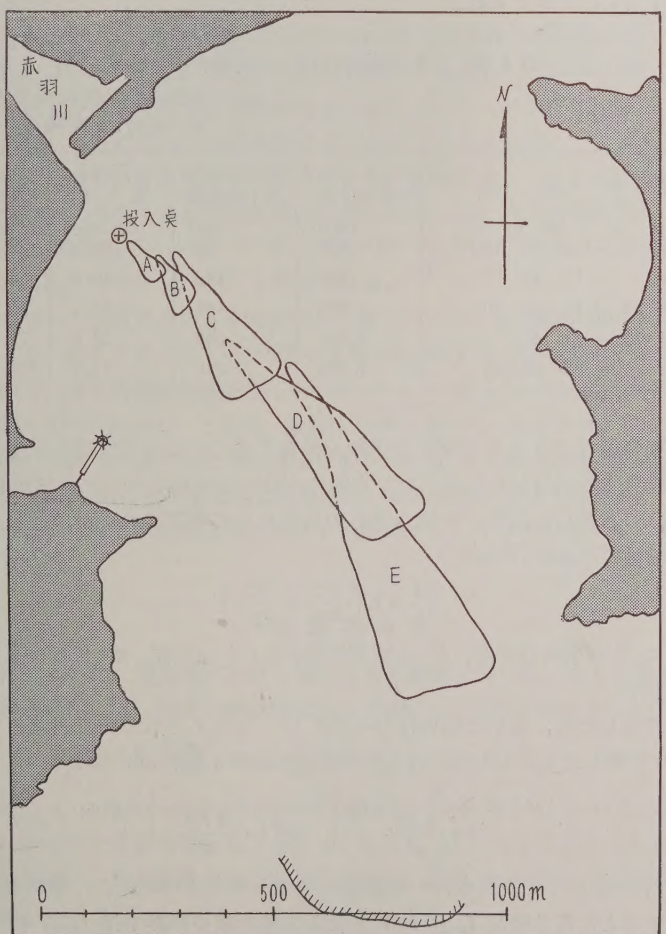
2)　第 1, 2, 3 線における塩分は，大体直線的に変化している。

3)　第4線における塩分は，湾の形状からくる他の事情によるのであろうか，稍々 2) の傾向からはづれているが全般的には第 1, 2, 3 線の塩分分布と同様な塩分変化に従つていると推察され得よう。

以上からこの湾の平均的な塩素量分布は，主として，河川水の流入量と，湾内水の擾乱及び上昇流に支配されると推定され，特にその擾乱，上昇流は河口附近において著しいと想像される。

湾内の水平拡散係数に就いて

上の様に湾内の擾乱は，湾内の塩分分布を支配する主な要因の一つであると考えられるが，この擾乱の度合は普通，水平及び垂直両拡散係数によつて表わされる。そして，実際に，これら水平，垂直両方向の混合が，如何に塩分その他湾内水の物理的諸量の分布に寄与しているか，未だ今後に残されている大きな研究課題と考えられる。即ち，ARONS and STOMMEL (1951)[1] は，潮



第 6 図　三重県長島湾奥赤羽川河口沖染料拡散分布図（観測日：昭和 32 年 6 月 8 日）

⊗：染料投入点

A, B, C, D, E：染料拡散域（染料域は陸上よりトランシットで決定した）

▬▬：染料域消失後　染料による着色海水が線状に残つた標様を示す。(13h 35m～13h 46m)

汐の混合距離理論に基づいて，水平拡散係数は，湾奥からの距離の2乗に比例するとして，淡水流入量と，水平拡散によつて，塩分分布を論じているが，一方 PRITCHARD[22] は Chesapeake Bay における詳細な観測資料に基づいて，垂直混合が塩分分布に極めて重大な役割を演じていることを指摘している。著者らは，昭和 32 年以降，長島湾及び駿河湾内その他で，染料による拡散実験[26] を行い，水平拡散機構の解明に努力しているが，ここでは主として長島湾内における拡散実験その他から，長島湾における水平拡散の模様について考察してみよう。

今長島湾で実施した拡散実験の染料（ローダミン BH conc., 2% 溶液投入）の拡がりの模様を第6図に示し，又これら染料域の移動速度及びその拡りの大きさ等については第1表に示した。図においてわかる様に，長島湾における拡がりの模様は駿河湾における模様（駿河湾ではほぼ楕円形に拡つた）とは異なり“火の玉”状を示し，先端部がひろく且染料の濃度も高く，うしろへ尾を引いた様相を示している。これは，この湾では他と異り，二重層がよく発達し，上層部において早い流れが存在するため，水平混合の他に強い垂直混合及び垂直的な流速傾度が発達し，この様な形状を呈するものと考えられる。

第 1 表 三重県長島湾内赤羽川沖染料拡散表

観測日：昭和 32 年 6 月 8 日
投入時刻：9 時 50 分　　投入量：240 *l*

染料域 No.	観測時間	投入からの平均経過時間	各染料域間の平均距離	平均移動速度	面積	拡散係数
	m h s　m h s	(sec)	(m)	(cm/sec)	(m^2)	(cm^2/sec)
A	11 04 ～ 11 06 10	130	60	46.2	3,508	
B	11 06 ～ 11 12	480	100	40.0	6,611	0.7×10^4
C	11 13 30 ～ 11 19 20	995	160	31.1	25,902	3.0×10^4
D	11 41 15 ～ 11 48	2,540	340	22.0	71,231	2.2×10^4
E	12 08 ～ 12 22 30	4,560	310	15.4	130,860	2.5×10^4

故にこの様な染料の拡がりから水平拡散係数を推算するためには垂直混合や流れ等種々な他の要因を考慮して検討する必要があるが，その大体の order を見積るために，拡がりを円になおし，次の様に略算することにした。今，一定な流れの場において観測されたものとし，流れによる項及び垂直混合を省略した拡散方程式

$$\frac{\partial S}{\partial t}=K\left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 S}{\partial y^2}\right) \quad \cdots\cdots(1)$$

を考える。ここに S は染料の濃度，K は水平拡散係数，t は時間，x, y は夫々直角にとつた水平方向の座標を示す。

さて，染料を投入した時，始めに染料は $S=S_0e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2}$ で与えられていると考える。ここに $r^2=x^2+y^2$；S_0, a は定数とする。しかる時は，t 時間後における染料の分布は

$$S=\frac{S_0}{1+\frac{4Kt}{a^2}}\exp\left\{-\frac{r^2}{a^2\left(1+\frac{4Kt}{a^2}\right)}\right\} \quad \cdots\cdots(2)$$

で与えられる。今観測された染料域は可視範囲の限界と考えられるから，染料域縁辺の濃度は常に等しいと仮定すると，ある時間 t_{i-1}, t_i に測定した染料域の換算半径 r_{i-1}, r_i の間には

$$\frac{S_0}{1+\frac{4Kt_i}{a^2}}\exp\left\{-\frac{r_i^2}{a^2\left(1+\frac{4Kt_i}{a^2}\right)}\right\}=\frac{S_0}{1+\frac{4Kt_{i-1}}{a^2}}\exp\left\{-\frac{r_{i-1}^2}{a^2\left(1+\frac{4Kt_{i-1}}{a^2}\right)}\right\} \quad \cdots\cdots(3)$$

の関係がある。略算のために

$$\left.\begin{aligned}&\frac{1}{1+\frac{4Kt_i}{a^2}}\sim\frac{1}{1+\frac{4Kt_{i-1}}{a^2}}\\&\exp\left\{-\frac{r^2}{a^2\left(1+\frac{4Kt}{a^2}\right)}\right\}\sim1-\frac{r^2}{a^2\left(1+\frac{4Kt}{a^2}\right)}\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(4)$$

とすると，

$$K\sim\frac{{r_i}^2-{r_{i-1}}^2}{4(t_i-t_{i-1})}\quad\cdots\cdots(5)$$

と推定される。

（又初めの染料投入を点源とする場合には，(1)の解は $S=\frac{Q}{4\pi Kt}\exp\left(-\frac{r^2}{4Kt}\right)$；$Q$ は始めの染料投入量となり，上と全く同様にして近似式は

$$K=\frac{t_{i-1}{r_i}^2-t_i{r_{i-1}}^2}{4t_it_{i-1}(t_i-t_{i-1})}\sim\frac{{r_i}^2-{r_{i-1}}^2}{4(t_i-t_{i-1})}\quad\cdots\cdots(6)$$

となる。）

上に依つて得られる K を各実験毎に計算すると，夫々第1表の最終欄の如くなる。これは紀川河口で求められた $K\sim10^6$（市栄，森安，北村，1952）[4]，桂城湾の $K=3\times10^5$（渡辺，1956）[23] より小さく，垂直混合を考慮すれば，実際にはもつと小さいことが予想される。上の計算は極く大雑把な略算であるから更に詳しい検討を要することは言うまでもなく，上の夫々の数値について一つ一つ比較検討することは出来ない。従つてこれらを湾のスケールとか，岸からの距離，流速等との関連について，今直ちに云々する事は出来ないが，上と同じ計算によつて推定した駿河湾（大井川河口附近，興津川河口附近）の $K\sim(10^4\sim10^5$ の order）[26] よりも更に小さくなつており大体において，長島湾内では $K\sim10^4$ と推定される。

この推定値を用いて長島湾内の水平拡散項と，河川流入による advection 項との大きさについて考察してみよう。即ち1例として昭和32年4月の観測資料から放水量は約 10 ton/sec の order と推定されるので，第2横断観測線を中心として，$u\frac{\partial S}{\partial x}$，$K\frac{\partial^2 S}{\partial x^2}$ の近似計算を行うと夫々 3.85×10^{-5}，-2.28×10^{-6}（‰/sec）となり，後者は前者に比べて一桁小さい。ここに S は塩素量，x は湾奥から沖合に向つて水平にとつた座標であり，u は x 方向の速度である。さて，この様に K を一定と考える場合には水平拡散項の絶対値が，advection 項より小さく，しかもその値が負であることは，水平拡散項が塩分分布に寄与する要因としては second order のものとなつていると推察される。

理論的考察

以上の推論に基づいて，長島湾における塩分分布の機構について，少しく量的に検討しよう。先づ夫々の資料は近似的に，定常状態を示すものと仮定し，定常状態における拡散方程式

$$\Sigma\frac{\partial(u_iS)}{\partial x_i}=\Sigma\frac{\partial}{\partial x_i}\left(K_i\frac{\partial S}{\partial x_i}\right),\quad(i=1,\ 2,\ 3)\quad\cdots\cdots(7)$$

を考える。ここに x_1 は湾奥から沖合に向つて水平にとつた座標；x_2 は x_1 に直角に，水平に；x_3 は垂直下方に夫々とつた座標を表わし，u_i，K_i は夫々 x_i 方向の流速及び拡散係数を表わす。

今前節の推論に従い，水平拡散項を省略して，(7)を，表面（$x_3=0$）から躍層の深さ（$x_3=h$）まで，及び湾の幅 $x_2=0$ から $x_2=B(x_1)$ まで積分し，更に

$$\left.\begin{aligned}&\int_0^h\int_0^B u_1dx_2dx_3=hB(x_1)\bar{u}_1,\\&\int_0^h\int_0^B Sdx_2dx_3=hB(x_1)\bar{S},\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(8)$$

$$\int_0^h\int_0^B (u_1S)\,dx_2dx_3 \fallingdotseq hB(x_1)\,\underline{u}_1\overline{S}$$

境界条件：

$$\left.\begin{aligned} &x_2=0 \text{ 及び } B \text{ で} && u_2=0\\ &x_3=0 \text{ で} && u_3=0,\ K_3\frac{\partial S}{\partial x_3}=0 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (9)$$

を入れると，(7)式は

$$h\frac{\partial (B(x_1)\,{}_1\overline{u}\overline{S})}{\partial x}+B(x_1)\,(u_3S)_h=B(x_1)\left(K_3\frac{\partial S}{\partial x_3}\right)_h \cdots\cdots (10)$$

となる。ここに $(u_3S)_h$ 及び $\left(K_3\dfrac{\partial S}{\partial x_3}\right)_h$ は躍層 $x_3=h$ における u_3S 及び $K_3\dfrac{\partial S}{\partial x_3}$ を意味する。故に

$$\left.\begin{aligned} &(u_3)_h=w_h,\ \ (S)_h\fallingdotseq S',\\ &\left(K_3\frac{\partial S}{\partial x_3}\right)_h=C(S'-\overline{S}) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (11)$$

と置き，以後混乱のおそれがないから $\overline{u}$，$\overline{S}$ を u，S と書き，添数1を省略すると，(10)式は

$$h\frac{\partial (B(x)\,uS)}{\partial x}+B(x)\,w_hS'=B(x)\,C(S'-S) \cdots\cdots (12)$$

となる。ここに S' は沖合（下層を含む）水の塩分量を表わす。

一方，連続の式は，河川流入量を V_0 とすれば，

$$hB(x)\,u=V_0-\int_0^x B(\alpha)\,w_h(\alpha)\,d\alpha \cdots\cdots (13)$$

であるから(12)式は

$$\left(V_0-\int_0^x B(\alpha)\,w_h(\alpha)\,d\alpha\right)\frac{dS}{dx}=B(x)\,(C-w_h)\,(S'-S) \cdots\cdots (14)$$

故に $B(x)\,dx=d\sigma$ とおくと(14)式は

$$\left(V_0-\int_0^\sigma w_h(\sigma)\,d\sigma\right)\frac{dS}{d\sigma}=\{C(\sigma)-w_h(\sigma)\}\,(S'-S) \cdots\cdots (15)$$

となる。

さて第5図によつて推察された様に，湾内の塩素量分布の状態は，河川水流入直後において，既に相当量の混合が起つていることを示している。事実赤羽川河口附近では，川の水面が海面より相当高くなつており，河川水は，相当な勢いで湾内に流入しており，この附近は，湾の他の部分に比べ，明らかに異つた機構をしていると推察される。故に，上式における w_h 及び C について，次の様に考える事にしよう。即ち，

$$\left.\begin{aligned} &\int_0^\sigma w_h d\sigma=\int_0^{\sigma_0} w_h d\sigma+\int_{\sigma_0}^\sigma w_h d\sigma,\\ &\int_0^\sigma C d\sigma=\int_0^{\sigma_0} C d\sigma+\int_{\sigma_0}^\sigma C d\sigma \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (16)$$

とし，

$$\left.\begin{aligned} &\int_0^{\sigma_0} w_h d\sigma=\omega(V_0), && \int_{\sigma_0}^\sigma w_h d\sigma=0\,;\\ &\int_0^{\sigma_0} C d\sigma=C_3, && \int_{\sigma_0}^\sigma C d\sigma=C'(V_0)\,(\sigma-\sigma_0) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (17)$$

と仮定し，$\sigma_0\to 0$ とすると，(15)式の解は

$$\log\frac{S'-S}{S'}=-\frac{1}{V_0-\omega(V_0)}\{C(V_0)\,\sigma+C_3-\omega(V_0)\} \cdots\cdots (18)$$

となる。ω, C' は，V_0 に比例すると考え得るから，$\omega(V_0)=\lambda V_0$，$C'(V_0)=C_1V_0+C_2$ とすれば，(18)式は

$$\log\frac{S'-S}{S'}=-\frac{1}{V_0(1-\lambda)}\{(C_1V_0+C_2)\sigma+C_3-\lambda V_0\} \quad \cdots\cdots (19)$$

となる。ここに C_1，C_2，C_3 及び λ は，混合，上昇流に関係する定数である。故にこれら4つの定数が決定されれば湾内の塩素量分布は V_0 と σ の函数として求めることが出来る。

この4つの定数を求めるために，4月及び6月の第1線及び第3線の観測値を用い，河川流量としては，推定ダム放水量（4月：7 ton/sec，6月：21 ton/sec）を用いた。その結果各定数は別表の如くなり塩素量分布は，

2つの入江を考慮しない場合

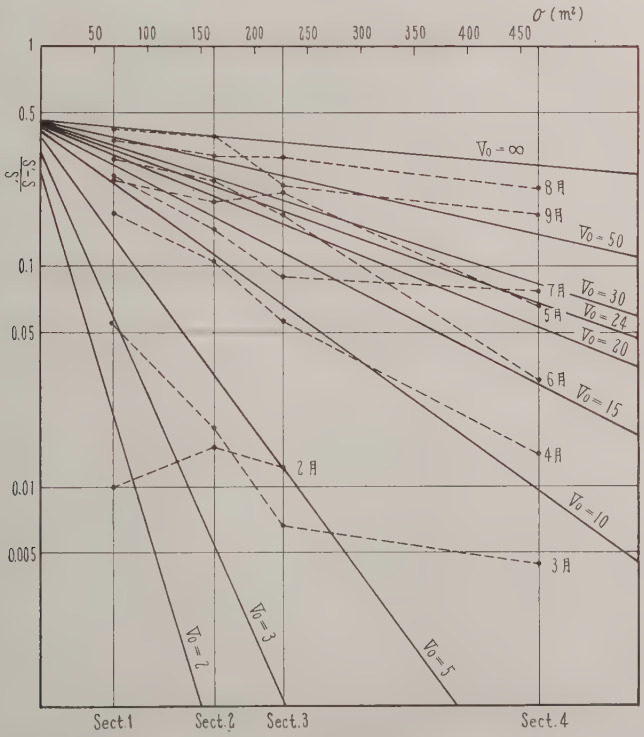
$$\frac{S'-S}{S'}=\exp\left[-\frac{1}{5.37\,V_0}\{(0.05\,V_0+5.08)\times10^{-5}\cdot\sigma+13.45+4.37\,V_0\}\right] \quad \cdots\cdots (20)$$

2つの入江を考慮した場合

$$\frac{S'-S}{S'}=\exp\left[-\frac{1}{5.04\,V_0}\{(0.04\,V_0+3.70)\times10^{-5}\cdot\sigma+4.66+4.04\,V_0\}\right] \quad \cdots\cdots (21)$$

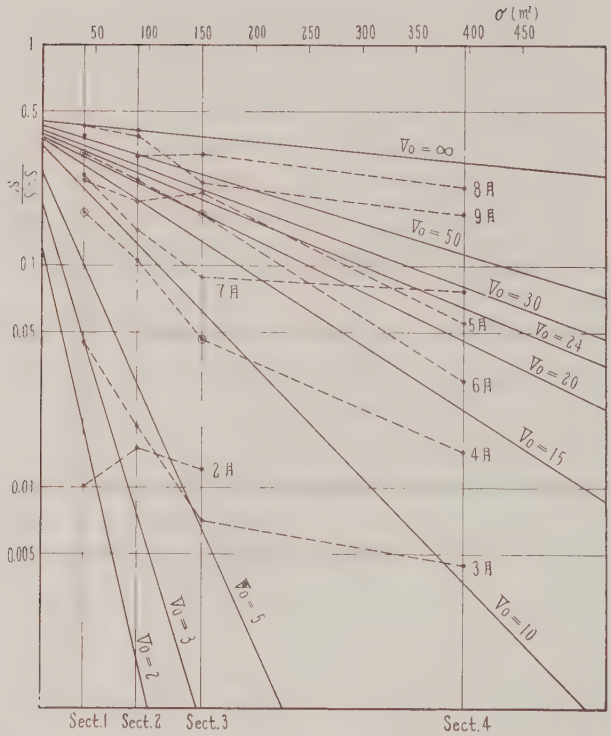
と表わされる。但し，V_0 及び σ は単位を夫々 m^3/sec，m^2 にとつた数値である。

(20)，(21)式に種々な V_0 を入れて，塩素量分布予想図を作ると第7図—a，b の様になる。実際にはこの他の種々な要因によつて変化させられていることを考えれば，(特に V_0 が小さい時は正確でない。) 全般的に見て可成り実際の分布に近いものを表わしていると思われ，上の様な推論



第7図—a　入江を考慮した場合，放水量（V_0 ton/sec）に対する塩素量変化予想図と昭和32年2月～9月の塩素量変化図

——：V_0 に対する塩分変化予想線　……：各月の塩分変化曲線



第 7 図—b 入江を考慮しない場合，放水量（V_0：ton/sec）に対する塩素量変化予想図と昭和 32 年 2 ～ 9 月の塩素量変化図

は，非常に大胆ではあるが，小内湾における塩素量分布の物理機構を解明する一つの足懸りを与えるものと言えるであろう。

附録： 放水による小内湾の塩分変化に関する予備的考察

ダム放水によつて小内湾に多量に陸水が流入する場合に生ずる湾内水の平均塩分の変化について，宮川ダム放水に関連して，三重県桂城湾内の一小湾三浦湾を具体的対象とし，その予備的考察を行つたものである。

湾内水の混合擾乱については，上に述べた様に，その水平及び垂直混合に関し，種々な条件に応じた検討が必要と思われるが，ここでは湾内の平均塩分を問題とする故湾内水は湾口を出入する潮汐混合によつてのみ外海水と交換すると考えよう。即ち湾内に放水された陸水は漲潮時に一応湾内で混合し，混合された海水は次の落潮時に湾外へ流出，流出した混合水は再び湾内に流入せず，次の漲潮時には沖合水が流入すると仮定し，潮汐は半日週期で週期変動し振幅は常に一定と考える。この様な湾においては，海水中に含まれる任意の塩分量は近似的に次の様にして表わす事が出来るであろう。ここに，取扱いに必要な量の記号は下の如く表わすことにしよう。即ち，

A： 湾内水の表面積（低，高潮時共，同面積とする），
V： 低潮時の湾内水の体積
$2l$： 潮高差
Q： 陸水の単位時間における流入量
S_r： 陸水の塩分

S_0：海水（沖合水）の塩分

S_m：m における湾内水の塩分。ここに m は時間に関する添数で Δt を単位とする整数である。

Δt：半週期（約 6 時間）。

A)　連続的に放水される場合

先づ最初に，一定量の水が連続して放出される場合について考えよう。或る低潮時に $S_{2m}{}^L$ であつた湾内水の塩分は次の高潮時には $S_{2m+1}{}^L$ となり次の様に表わすことが出来る。

$$S_{2m+1}{}^L=\{VS_{2m}{}^L+(2\,Al-Q\Delta t)\,S_0+Q\Delta tS_r\}\frac{1}{V+2\,Al} \quad \cdots\cdots (22)$$

ここに符号 L は放水開始時が低潮時であつたことを示す記号である。又更にこれに引続く低潮時には

$$S_{2m+2}{}^L=\{(V-Q\Delta t)\,S_{2m+1}{}^L+Q\Delta tS_r\}\frac{1}{V} \quad \cdots\cdots (23)$$

となる。故に (22)，(23) より

$$S_{2m+2}{}^L=\frac{1}{V}\frac{V-Q\Delta t}{V+2\,Al}\{VS_{2m}{}^L+(2\,Al-Q\Delta t)\,S_0+Q\Delta tS_r\}+\frac{Q\Delta tS_r}{V} \quad \cdots\cdots (24)$$

同様にして，放水開始が高潮時である場合には，H の記号を附して，

$$S_{2m+2}{}^H=\frac{1}{V+2\,Al}\{(V-Q\Delta t)\,S_{2m}{}^H+(2\,Al-Q\Delta t)\,S_0+2\,Q\Delta tS_r\} \quad \cdots\cdots (25)$$

で表わされる。今ここで，

$$\frac{V}{V+2\,Al}=\alpha, \qquad \frac{Q\Delta t}{V}=\beta$$

とおけば (24)，(25) 式は

$$S_{2m+2}{}^L=(1-\beta)\{\alpha S_{2m}{}^L+(1-\alpha-\alpha\beta)\,S_0\}+(1-\beta)\,\beta\,(1+\alpha)\,S_r \quad \cdots\cdots (26)$$

$$S_{2m+2}{}^H=\alpha\,(1-\beta)\,S_{2m}{}^H+(1-\alpha-\alpha\beta)\,S_0+2\,\alpha\beta S_r \quad \cdots\cdots (27)$$

故に $S_r=0$ と仮定し，更に

$$\alpha\,(1-\beta)=a, \qquad (1-\beta)\,(1-\alpha-\alpha\beta)=b\,;$$

$$S_{2m+2}=S_{2i}, \qquad \bar{b}=\begin{cases} b & \cdots\cdots S^L \text{ の場合} \\ \dfrac{b}{1-\beta} & \cdots\cdots S^H \text{ の場合,} \end{cases}$$

と表わすと，(26)，(27) 式は

$$S_{2i}=aS_{2i-2}+\bar{b}S_0=\left\{\frac{\bar{b}\,(1-a^i)}{1-a}+a^i\right\}S_0 \quad \cdots\cdots (28)$$

となる。(28) 式は放水開始後 $2i\cdot\Delta t$ 時間における湾内平均塩分を示す近似式である。放水を無限に続ければ，勿論 (28) 式は，

$$\lim_{i\to\infty} S_{2i}=\frac{\bar{b}S_0}{1-a} \quad \cdots\cdots (29)$$

となる。

B)　放水を停止した場合

次に放水を或る時間続け，湾内水の塩分が S_0' となつた時に放水を停止した場合を考えよう。$2j\cdot\Delta t$ 時間放水を停止すれば一般に次式が成立する。

$$S_{2j+2}=(VS_{2j}+2\,AlS_0)\frac{1}{V+2\,Al} \quad \cdots\cdots (30)$$

故に

$$S_{2j}=\alpha S_{2j-2}+(1-\alpha)S_0=\alpha^j S_0'+(1-\alpha^j)S_0 \quad \cdots\cdots(31)$$

放水を無限に停止すれば，勿論

$$\lim_{j\to\infty} S_{2j}=S_0 \quad \cdots\cdots(32)$$

となり，湾内水は外海水と等しくなる。

C) 間歇的に放水を行う場合

廃水を $2i\cdot\Delta t$ 時間放流し，その後 $2j\cdot\Delta t$ 時間放流を停止し，再び廃水を $2i\cdot\Delta t$ 時間続けると言う様に間歇的に放水を続ける場合，湾内水が最初 S_0 とすると $K(2i+2j)\Delta t$ 時間後には，一般に

$$S_{K(2i+2j)}=\left[\frac{(1-a^i)\{(1-a)+b\alpha^j\}\{1-(\alpha^j a^j)^K\}}{(1-a)(1-\alpha^j a^i)}+(\alpha^j a^i)^K\right]S_0 \quad \cdots\cdots(33)$$

と表わす事が出来る。間歇的に放水を無限に続けた場合には

$$\lim_{K\to\infty} S_{K(2i+2j)}=\frac{(1-a^i)(1-a+b\alpha^j)}{(1-a)(1-\alpha_j a_i)}S_0 \quad \cdots\cdots(34)$$

となる。

上述の近似式を用いて三浦湾(第8図)にダム放水が行われた場合に生ずる湾内水の塩分変化について考察しよう。今計算に必要な量を夫々第2表の通りとすると，三浦湾における平均塩分の変化の模様は第9図の様になる。即ち，

第 2 表 混合層別各数値

混合層	0 m～5 m	0 m～b m
V (m^3)	3.8407×10^6	6.2707×10^6
A (m^2)	95.36×10^4	95.36×10^4
l (m)	0.5	0.5
Q (ton/sec)	24	24 或は 12
Δt (sec)	216×10^2	216×10^2

第 8 図 三浦湾全図
(×：放水口(予定))

1) 廃水を 24 ton/sec 放水する場合

i) 放水が海底まで混合するならば，放水後 60 時間で湾内水は沖合水の約5割の濃度になり，120 時間では海水の約3.5割の濃度になる。又無限に放水を続ければ2.7割の濃度になる。

ii) 放水が 5 m 層まで混合するならば，36 時間で湾内水は沖合水の約5割の濃度になり，60 時間で約 3.5 割の濃度になる。又無限に放水を続ければ 2.4 割の濃度になる。

iii) 24 ton/sec を 12 時間毎に間歇的に放水する場合 (12 時間放水し，その後 12 時間放水を停止，再び放水する場合) は 12 ton/sec を連続的に放水する場合と近似した値をとる。(但し図は混合層は底までの場合を示す。)

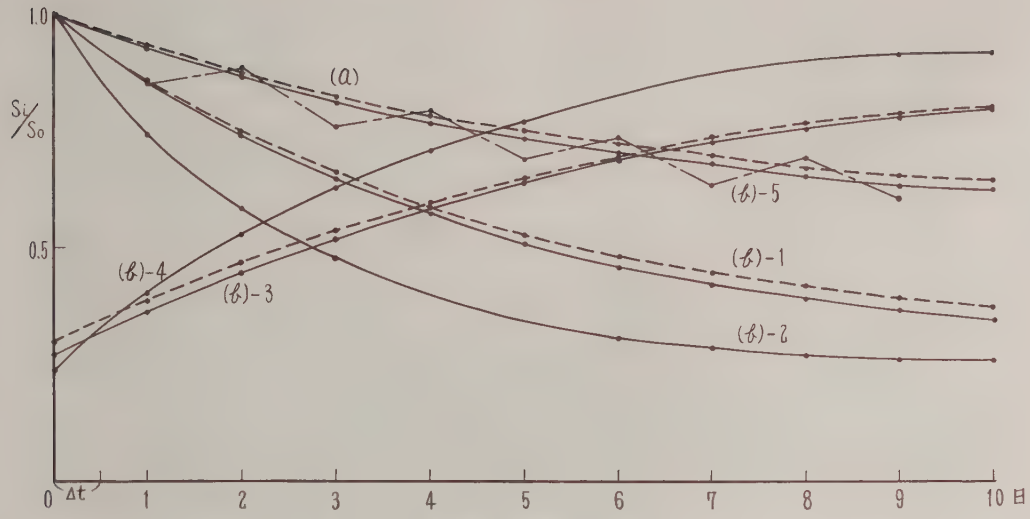
2) 廃水を 12 ton/sec 放水する場合

混合層が底までの場合は，96 時間で湾内は沖合水の 6.5 割程度の濃度になる。

3) $\lim_{i\to\infty} S_{2i}$ の後，放水を停止した場合

i) 混合が底までの時は 120 時間で約 8.2 割の濃度にまで回復する。

ii) 混合が 5 m 層までの時は 120 時間で 9.2 割にまで回復する。



第 9 図　三 浦 湾 内 平 均 塩 分 変 化

(a)：廃水が低まで混合するとして，12ton/sec の廃水を連続的に放流した場合
(b)-1：廃水が低まで混合するとして，24ton/sec の廃水を連続的に放流した場合
(b)-2：廃水が 5 m 層まで混合するとして，24 ton/sec の廃水を連続的に放流した場合
(b)-3：廃水が低まで混合するとして，24 ton/sec の廃水を無限に放流した後放流を停止した場合
(b)-4：廃水が 5 m 層まで混合するとして，24 ton/sec の廃水を無限に放流した後放流を停止した場合
(b)-5：廃水が低まで混合するとして，24 ton/sec の廃水を間歇的に放流した場合
——：放水開始，停止が低潮時　……：放水開始，停止が高潮時

この様に三浦湾内へ 24 ton/sec の廃水を連続的或は間歇的に放水される場合，冬季夏季を問わず，湾内の塩分は可成りに淡水化すると推定される。しかし，以上の推論は，非常に大胆な仮定に基づく予備的な考察であつて，実際には，長島湾において推察された様に種々複雑な要因に基づいて変化し，湾内水は，ごく表層 1 m 位までの淡水化が甚しいであろう。しかしながら，この様な推論は，大雑把に放水量に応じた湾内変化の大略を見積るに便であり，ある程度有効なものであると考える。

謝辞　本研究は，三重県宮川ダム放水が柱城湾海況及び漁況に及ぼす影響予察及び実態調査に関連してなされたもので，本研究を行うに当り，種々有益な御助言を賜つた渡辺信雄科長に深謝すると共に，本調査に尽力されている三重県水産試験場長野本一郎氏，藤井一朗技師を始めその他場員の方々に心から敬意を表する。又計算に協力して頂いた松本考示氏に厚く感謝の意を表する。

文　献

1) Arons A.B. and H. Stommel：A mixing-length theory of tidal flushing. Trans. Ame. Geophy. Uni. 32 (3), (1951).
2) 速水頌一郎：臨海工事による沿岸海域の生産力向上に関する研究（I 序説）京大防災研究所 (1956).
3) 速水頌一郎，福尾義昭，依田大介：明石海峡による播磨灘と大阪湾との海水交流について　海岸工学講演会講演集，(1956).
4) 市栄誉，森安茂雄，北村弘行：川口附近の海況について，中央気象台海洋報告，3 (2)，(1952).
5) 市栄誉：タイダル，フラツシユについて　海岸工学研究論文集，(1954).
6) 市栄誉：Estuary の水理について　海岸工学研究論文集，(1955).
7) 市栄誉：海中の拡散と混合—汚水処理の基礎資料　海岸工学研究論文集，(1956).

8) Ichiye T.: On the stationary current in the estuary. Jour. Oceano. Soc. Japan, **11** (4), (1955).
9) Ketchum B.H.: The exchange of fresh and salt waters in tidal estuaries. Jour. Fish. Res. Board Canada, **10** (3), (1953).
10) Ketchum B.H.: The flushing of tidal estuaries. Sewage and Industrial Wastes, **23,** (1951).
11) Ketchum B.H. and H. Bostwick: Circulation in estuaries. Woods Hole Oceano. Inst. Collected Reprints, (1953).
12) Pritchard D.W.: Salinity distribution in the Chesapeake Bay estuary system. Jour. Mar. Res. **11** (2), (1952).
13) Pritchard D.W.: The dynamic structure of a coastal plain estuary. Jour. Mar. Res. **15** (1), (1956).
14) Pritchard D.W. and R.E. Kent: A method for determining mean longitudinal velocities in a coastal plain estuary. Jour. Mar. Res. **15** (1), (1956).
15) Stommel H. and H.G. Farmer: Control of salinity in an estuary by a transition. Jour. Mar. Res. **12** (1), (1953).
16) Stommel H.: Computation of pollution in a vertically mixed estuary. Sewage and Industrial Wastes, **24** (9), (1953).
17) Tabata S. and G.L. Pikard: The physical oceanography of Bute Inlet, British Columbia. Jour. Fish. Res. Board Canada, **14** (4), (1957).
18) Takano K.: On the salinity and velocity distributions off the mouth of a river. Jour. Oceano. Soc. Japan, **10** (3), (1954).
19) Takano K.: On the velocity distribution off the mouth of a river. Jour. Oceano. Soc. Japan, **10** (2), (1954).
20) Tully J.P. and J.D. Alon: Properties of water in the strait of Georgia, British Columbia and influencing factors. Jour. Fish. Res. Board. Canada, (1949).
21) Waldichuck M.: Physical oceanography of the strait of Georgia. Jour. Fish. Res. Board. Canada, **14** (3), (1957).
22) Pritchard D.W.: A study of the salt balance in a coastal plain estuary. Jour. Mar. Res. **13** (1), (1954).
23) 東海区水産研究所： 宮川ダム放水が島勝漁場に及ぼす影響予察調査報告, (1956).
24) 東海区水産研究所： 宮川ダム放水が柱城湾海況及び漁況に及ぼす影響実態調査（中間報告）, (1957).
25) 東海区水産研究所，三重県水産試験場： 柱城湾海洋調査経過概要（図表）, (1957).
26) 農林水産技術会議： 水質汚濁に関する研究（昭和32年度中間報告）資料 No. 1, (1957).

On the Salinity Distribution in a Small Bay with River Discharge

Toshiyuki Hirano and Kenzo Sugiura

Synopsis

During February to September 1957, the oceanographic surveys were carried out in Katsuragi Bay, Mie Prefecture, in regard to the effect of water discharge from a power dam on local fisheries. On the basis of the data obtained the salinity distribu-

tion in a small bay, into which the fresh river water flows in quantity has been discussed. Consequently, it is estimated that in a bay such as of Nagashima, Mie Prefecture, the water explicitly consists of two layers and that the salinity distribution in the upper layer may be governed by such factors as the volume of fresh water discharged, upwelling and strong vertical mixiug in the vicinity of the river mouth, and a vertical mixing between the two layers. Then, the following approximate equation for the salinity distribution is introduced;

$$\log\frac{S'-S}{S'}=-\frac{1}{V_0(1-\lambda)}\{(C_1V_0+C_2)\sigma+C_3-\lambda V_0\}.$$

Here S is a mean salinity at σ, S' salinity of the offing water, σ area from the top of bay to a section line rectangular to the offing direction, V_0 volume of fresh water discharged and C_1, C_2, C_3, λ are constants connecting with the vertical mixing and upwelling.

In the appendix, a bold computation is treated for some transient states of the mean salinity corresponding to volumes of fresh water discharged, on the assumption that the mean salinity in a small bay such as Miura Bay, Mie Prefecture, is governed by the tidal mixing and the volume of fresh water discharged.

Arafura 海シロチヨウガイ漁場の底質—I.*
Thursday 島並びに East 両漁場の底質・粒度組成・比泥量について

竹　村　嘉　夫

1953 年以降，Arafura 海のシロチヨウガイ *Pinctada maxima* (Jameson) 並にその漁場について調査が続けられ幾つかの結果[2)6)7)8)9)] が得られているがそれらの一環として，漁場に於ける稚貝の運搬・着生・生育場としての適否等を底質の面から考察するため，玆に漁場の様相を異にする Thursday 島並に East 両漁場の粒度組成・比泥量等について比較考察した。

御指導を戴いた当所増殖部長川名武博士，並に種々有益な御教示を戴いた資源科学研究所の鈴木好一，北崎梅香両博士，東京水産大学新野弘博士に深謝の意を表する。

1. 試　　料

用いた試料は第 1 表の如く，1953～1957 年の Thursday 島及 East 両漁場並にその周辺から得られたものである。夫々の漁場の関係位置を第 1 図に示す。

採泥方法は，操業中のダイバー船からダイバーが缶詰等の空缶を持つて潜水，底質を直接採取する方法をとり，1 地点 1 回の採泥量は大体乾燥重量で 200～300 gr，特に多い場合は 500 gr 程度であつた。

第 1 表 底質試料についてのデータ

漁場名	漁区	位置	貝の棲息	年月	採泥者
Turu Cay 沖 ①	QLD. 5 区	9°45′～55′S　141°0′～20′E	有	Sept. 1957	竹村
South 漁場 ②	〃	10°30′S　141°0′～10′E	〃	〃	〃
バト沖 ③	〃	10°10′～20′S　141°30′～50′E	無	〃	〃
Boucaut 湾沖 ④	NTD. 19・21 区	11°30′～40′S　141°10′～40′E	有	July 1954	〃
Wessel 島 SE ⑤	NTD. 22 区	11°32′S　136°55′E	〃	〃	〃
富士形バンク ⑥	NTD. 19 区	11°10′S　134°30′E	〃	Sept. 1953	川名
N. Goulburn 島沖 ⑦	NTD. 18 区	11°30′S　133°40′～134°0′E	〃	Aug. 1955	相良
Boucaut 湾沖 E ⑧	NTD. 21 区	11°30′～45′S　135°0′～30′E	無	July 1954	竹村

2. 漁場の概要

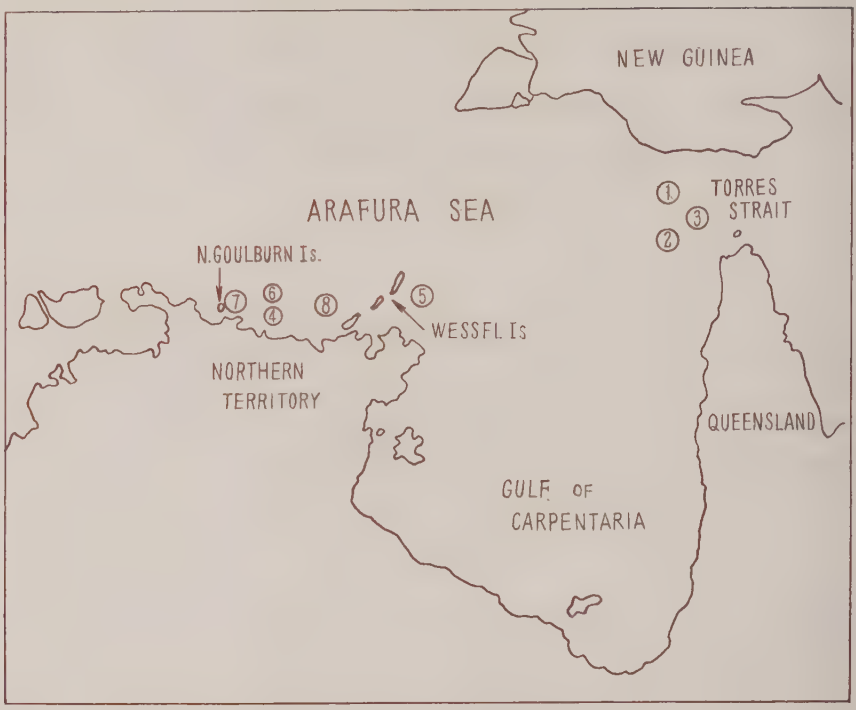
底質の面から夫々の漁場の概要を述べると次の様である。

Thursday 島漁場，特に Turu Cay 沖（通称サンパン沖）**

濠洲海図によると，この漁場附近は測深等も余り正確に行われておらず，$\dot{8}$（8 尋以上の意）

* 1958 年 10 月 27 日受理　東海区水産研究所業績 A 第 87 号。

** サンパン沖：Sand Bank 沖の意。

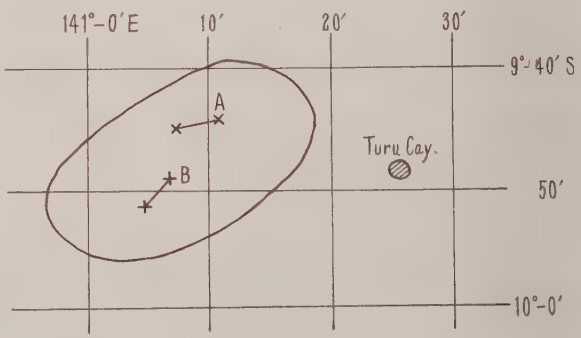


第 1 図 Thursday 島及び East 両漁場図

① Turu Cay 沖　② South 漁場
③ バト沖　④ Boucaut 湾沖
⑤ Wessel 島沖　⑥ 富士形バンク
⑦ N. Goulburn 島沖　⑧ Boucaut 湾沖 E

程度の標示があるだけで，海図によつて海底の起伏は判らないが，ダイバーはかなりの畝（Ripple Mark）があるというし，漁場中心水域（第2図）に於ける音響測深の記録（第3図）をみても，かなりの起伏のあることは明らかである。

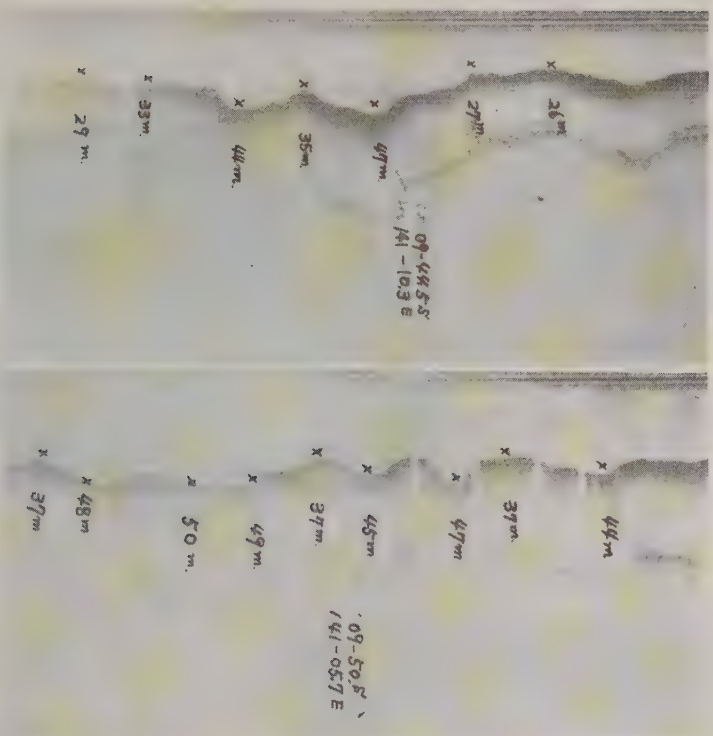
Thursday 島漁場では，“生え物”* 又は“ゴロゴロ”**（以下之を石灰藻礫と呼ぶ）のあるような場所にシロチヨウガイが発見さ



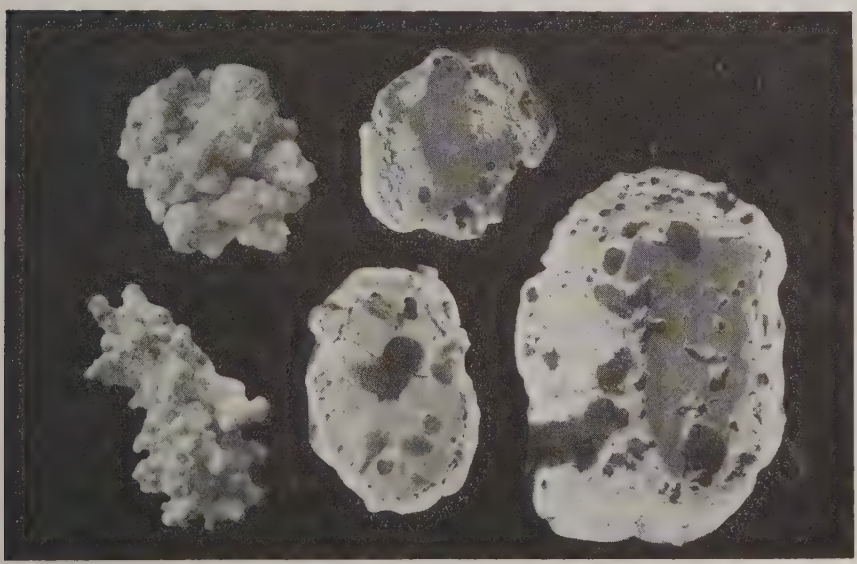
第 2 図 1957 年 Turu Cay 沖操業中心水域

* 生え物……樹枝状・うちわ状等の海綿類，*Callyspongia*, *Echinodictyum*, *Ianthella*, *Desmacidon Carterispongia*，及び樹枝状等の珊瑚虫類 *Echinogorgia*, *Discogorgia*, *Ctenocella*, *Juncella*, *Tubastraea* 等を指す。Thursday 島漁場一帯に多く，ここでは触れないが West 漁場等にも多い。

** ゴロゴロ……直径 2～3 cm 位の礫，5 cm を越えるようなものは少い。何れも表面に石灰藻の着生していることが特徴的である。



第 3 図　A，B点(第 2 図)に於ける測深記録　上図…A点　下図…B点



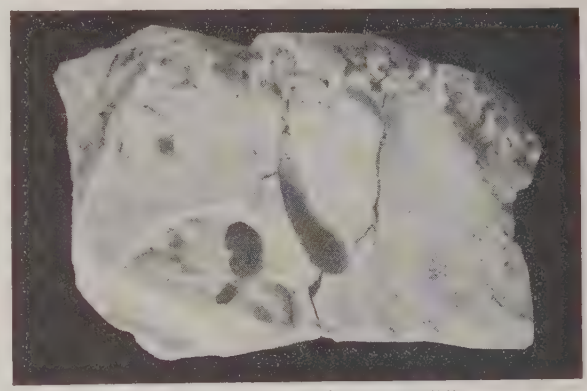
第 4 図　石 灰 藻 礫 と そ の 断 面

れ，採泥結果からも重量で 30～50% に達する石灰藻礫がみられている。(第 4 図)

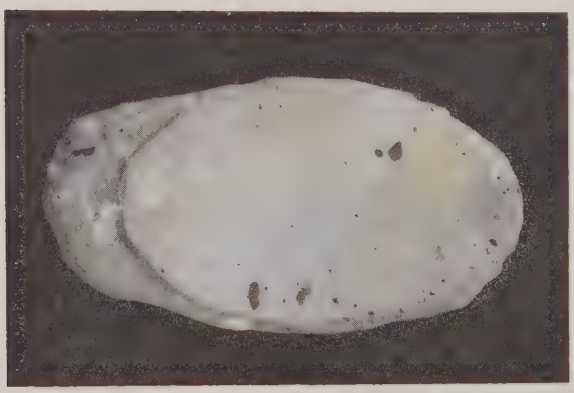
又，此の漁場で，足糸を残しているシロチョウガイには足糸の先端に必ずこの石灰藻礫又は貝殻破片が 1 個～数個固着しているのが普通である。

このように，Tursday 島漁場は一般に礫（径 3.0 mm＜の生物死殻を含む）が多く[1]，シロチョウガイ稚貝数が他の漁場より特に多かった[2]ことを考え合わせると，この漁場は稚貝の養生には好都合であることが推察される。

石灰藻礫の断面をみると，（第4図）大半は石灰性砂質頁岩又は泥岩の礫が核となり（中には，*Chama, Arca* 等の死殻が核となる），周囲は相当厚く石灰質物で被われ，新野（1934）が報告した礫生物の一種[3]と見做なされるものである。そして，之等の礫には殆ど *Rocellaria, Petricola* 等の二枚貝による穿孔[4]の跡があり，又，採泥時に海底の基盤からかきとられたと思われる岩片（第5図）にも同様の穿孔があることから，基盤が部分的に露出している場所のあることを物語るものといえよう[5]。



第 5 図　採泥時にかきとられた岩片



第 6 図　水磨された岩片（長さ 18 cm）

底質を構成している径 3.0～10 mm 程度の礫及び砂粒（径 0.05～3.0 mm）についてみると，貝等の生物死殻・破片の他は前に述べた石灰性砂質頁岩等の細粒でこの漁場周辺で堆積された水成岩に由来するもののようで，同質の水磨された岩片（第6図）も見られた。微細砂には石英粒等も混る。

シロチョウガイの棲息密度は均一に多いというのではなく，同じような底質が続いている場合でも貝の分布はとぎれることが普通で，1957 年のダイバー船の操業状況を見ても相当狭い場所を往復して採取していることが多かった。又，数隻のダイバー船が近接して操業している場合でも，1隻では若貝ばかり採れ，他船では老貝ばかり採れていることを実見した。

Boucaut 湾沖漁場に比較して棲息密度の少ないことは1日1隻の採取量からも肯定出来ることである。

Turu Cay 沖から南方，海図上で Merkara Shoal の西側に当り，通称がないので South 漁場（West 漁場にも“South”と呼ぶ場所がある）と呼ぶことにするが，底質は Turu Cay 沖と殆ど異ならないようである。Turu Cay 沖に比較して老貝の棲息が多かった。

この東側バト沖（語源不明）及その周辺（海図上，Cooke Reef 沖に当る）は戦前にはかなり採取量があったらしいが，1957 年には貝は発見出来なかった。

East 漁場 Boucaut 湾沖並にその周辺漁場

Boucaut 湾沖漁場は Arafura 海のシロチョウガイ漁場としての発見はおそく（1936 年），所謂

East 漁場と呼ばれている。東西約 50 浬，南北 20 浬近くに及ぶ，広大・平坦な漁場である[6]。西側は後に述べる N. Goulburn 島漁場近く迄続くものと思われ，東側は 135°E 附近で泥地になるらしい。

底質を構成するものは，径 3.0 mm< は殆んど貝殻，ウニ等の生物破片で占め，Thursday 島漁場の如く，シロチョウガイ稚貝の附着出来るような礫は少ない。

砂粒の構成物は Thursday 島漁場のそれとは全く異り，生物破片以外は殆ど石英，長石等が多く含まれ，之等は火成岩性のもので陸地より運搬され堆積したものと考えられる。

Boucaut 湾沖漁場はシロチョウガイの生育場であり，更に沿岸に発生場がある[7]という推論は，此の漁場の底質構成物が火成岩性で陸地に由来することから見ても，又，漁場にシロチョウガイ稚貝が少なく[2]，発生場から漁場迄に距離があると考えられることから見ても充分信頼性が持てる。Boucaut 湾沖漁場中央部（特に 1954 年操業時に於ける）は海図に底質の記載がないが，その周辺は海図に底質が記録されているので，1954 年採泥時の操業中心水域と併せて第 7 図に示しておく。135°E 以東は Wessel 島近く迄は泥底が続くようで，シロチョウガイの棲息は全く見られなかつた[8]。

第 7 図　海図 2641 による East 漁場の底質及 1954 年操業中心水域

Wessel 島 SE のバンクは 1954 年 2 隻で操業したが漁場は狭いらしい。Carpentaria 湾をへだてて Thursday 島漁場と略々対称の位置にあり，シロチョウガイの形，底棲生物相等を考え合わせても，Thursday 島漁場，富士形バンク等と似ているようである。この礁の周囲は何れも 25～30 尋，海図の底質は泥と示されている。

Boucaut 湾沖漁場が底質・地形的に沿岸から連続しているのに反して，富士形バンク[6]は沖合に孤立しゆるやかな礁を形成しているもののようで，底棲生物相も沿岸部の Boucaut 湾沖漁場とははつきり区別される。

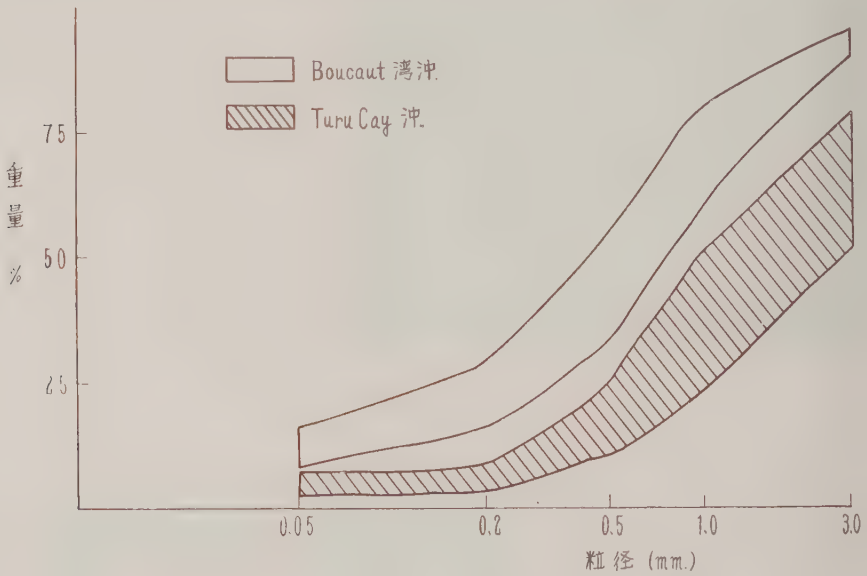
N. Goulburn 島漁場は，底質並にその粒度組成からは Boucaut 湾沖漁場と Thursday 島漁場の中間的とも考えられ，1955 年の漁獲物調査[9]，及び戦前の資料によつても Reef 地的な要素が多分にあるように考えられる。

3. 粒 度 組 成

粒度分析には各地点から採泥した全試料量を用いた。之は，一般に粒度分析の場合はスプリツ

ター等を用いて 10～20 gr 程度を抽出して行うが，Thursday 島漁場の如く礫等が多い場合，抽出することによつて全体の粒度分布を代表させることが困難と考えた為である。

篩は丸川式砂泥淘汰器を用いたので，粒径は 3.0，1.0，0.5，0.2，0.05 mm である。そして，0.3 mm< を礫（貝殻死殻・破片等を含む），0.05 mm> を泥とした。

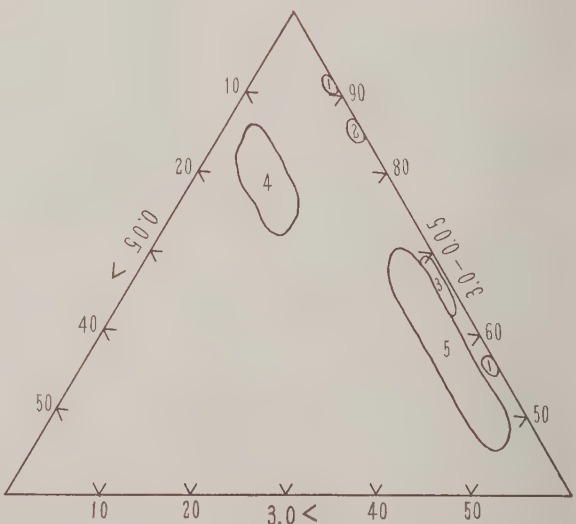


第 8 図　Boucaut 湾沖，Turu Cay 沖粒度組成の比較

粒径 0.05 mm> のものについては今回は沈澱法等による粒度分析は行わなかつた。

Thursday 島・Turu Cay 沖，East・Boucaut 湾沖両漁場の湿式粒度分析結果を積算曲線及び三角グラフによつて比較すると，第 8 図，第 9 図の如くである。今，この両グラフについて考察すると，Boucaut 湾沖漁場では細砂が多く（Md……0.66 mm），Turu Cay 沖漁場の方が粗である（Md……1.83 mm）ことが云える。

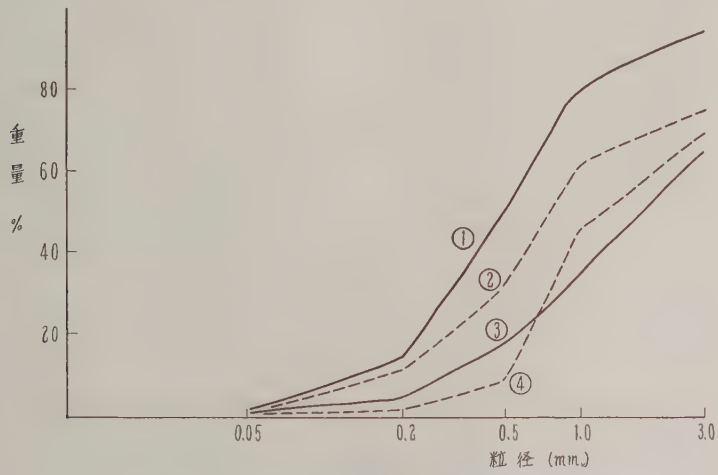
Boucaut 湾沖では径 3.0 mm< の振れが少ないのに反し Turu Cay 沖で之が大きいのは，前者で 3.0 mm< を占めるものが殆ど貝殻その他の生物殻で重量的に問題とはならず，Turu Cay 沖では前に述べた石灰藻礫が多いことを示している。



第 9 図　各漁場の粒度組成比較

① 富士形バンク　② N. Goulburn 島沖
③ Wessel 島 SE　④ Boucant 湾沖
⑤ Turu Cay 沖

両漁場について，小林の底質表[10] を加えて各漁場の平均値を以て比較すると（第 10 図）漁場の底質組成は略同様の傾向を示していることが窺える。（小林と比較のため乾式篩別法を用いた）。



第 10 図　Thursday 島漁場，East 漁場の粒度組成
① East 1954　② Thursday 島 1938
③ East 1938　④ Thursday 島 1957

4. 比　泥　量

シロチヨウガイ漁場は古くから Reef 地を最適と考えられていたし，同属のクロチヨウガイ *P. margritifera* (Linné)，アコヤガイ *P. martensii* (Dunker)，又，近縁の *Pteria* 等をみても，之等の種類は皆 Reef 地又は岩礁地を好んで棲息している。

Arafura 海シロチヨウガイ漁場でも，East・Boucaut 湾沖漁場以外は何れも Reef 地にあり，又，Thursday 島，East 両漁場周辺に於てシロチヨウガイの発見されなかつた地点は何れも泥が多かつたことから，シロチヨウガイの棲息の可否を決める第一の要因は，先づ泥の多少の程度ではないかと考えた。そして之を数値的に簡単に比較するため，試料中に含まれる径 0.05 mm＞の泥の量の総量に対する % として求め，之を**比泥量**と呼ぶことにした。

比泥量を求めるには，試料を乾燥・秤量した後 0.05 mm 目の篩（又は 200 メッシュ）を用いて水洗し泥を流し，再び乾燥・秤量してその差を泥の量とし，総量（始めの量）に対する比をとればよい。

この数値（比泥量）によつて，シロチヨウガイの棲息地と無棲息地を比較すると第 2 表の如くになり，更に夫々の漁場の粒度組成からその漁場としての平均値を求めて積算曲線として比較すると（第 11 図），比泥量・粒度組成共に明らかに差異のあることが判る。

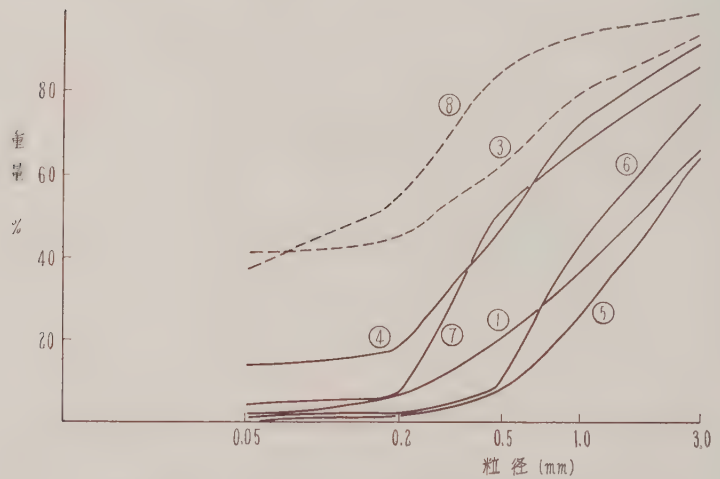
以上の点から，シロチヨウガイは真珠貝類中最も濁水に耐え得る[7] といわれるが，貝の埋没等の点から考えて，比泥量 20% 程度がシロチヨウガイの棲息の可否を決める限界と考えられる。

又，第 8 図，第 10 図をみても判る通り，砂の組成は漁場としての適否に直接関係はないように考えられた。

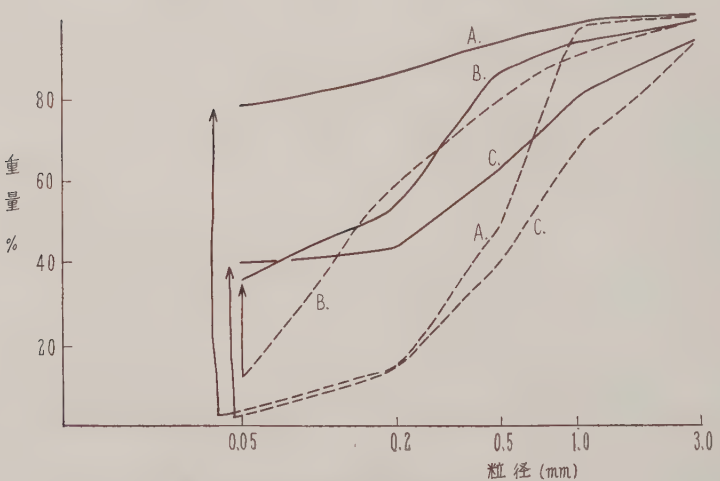
以上の意味からシロチヨウガイ漁場の底質粒度組成（及び比泥量）を求める場合，特に泥の多い底質の場合は湿式篩別法（又は水流淘汰法）を用いなければならないことは，第 12 図をみても明瞭である。

第 2 表 棲息地と無棲息地の比泥量の比較

区 分	漁 場 名	範 囲 %	平 均 %
棲 息 地	Turu Cay 沖	1.9～7.2	4.3
	Boucaut 湾沖	7.4～16.4	13.2
	Wessel 島 SE	1.2～1.5	1.4
	富士形バンク	0.3～0.5	0.4
	N. Goulburn 島沖	1.4	1.4
無棲息地	バト沖	29.4～34.8	32.1
	Boucaut 湾沖 E	24.8～41.7	35.1



第 11 図 シロチョウガイ棲息地，無棲息地の粒度組成
——棲息地　---無棲息地　番号は第 1 表による



第 12 図 篩別法による粒度組成の比較
---乾式　——湿式
A. 粘土の多い場処　B., C. 泥底

文　　献

1) 新野弘 (1946): 資源科学研究所彙報第 9 号。
2) Takemura and Okutani (1958): Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 20.
3) 新野弘 (1934): 水産講習所研究報告 30 巻 2 冊。
4) 新野弘 (1936): 地質学雑誌 43 巻 511 号。
5) 新野弘 (1935): 地理学評論 12 巻 9 号。
6) Takemura and Okutani (1955): Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. Vol. 21 No. 2.
7) 川名武・木場直 (1957): 東海区水産研究所研究報告 15 号。
8) 相良順一郎 (1956): 水産庁海洋二課プリント。
9) 竹村嘉夫・奥谷喬司 (1956): 東海区水産研究所研究報告第 14 号。
10) 小林直 (1938): 南洋庁水産試験場報告，昭和 13 年度。

Bottom Character of Pearling Beds in the Arafura Sea—I.

Size Distribution and Mud Contents of the Thursday Island and East Regions

Yoshio Takemura

Synopsis

The size distribution of bottom character on the pearling beds off Thursday Island and East Region in the Arafura Sea was surveyed in the years from 1953 to 1957.

The bottom character of the Thursday Island Region consists of sand gravel which are of sedimentary origin, while in the East Region the materials comprise those of terrigenous, and igneous origins, such as quartz, feldspar, etc.

The size distribution in these pearling beds as shown in Fig. 8, differs distinctly from each other in their variability of the quantity of the gravel and of the size of sand grains. The localities where no pearl shell has been found are compared with the pearling bed as shown in Fig. 11, and the bottom character of the non-pearling grounds differs much from that of the good pearling beds.

It may be considered that the mud content is an important factor controlling pearl shell distribution, and that a 20 percent is the critical volume of mud for the animal under discussion.

ハマグリの発生初期に於ける適温適比重について*

相良順一郎

緒　　言

ハマグリの発生に関する報告は極めて少ないが[1)8)]，これは直接生殖巣から切り出した卵と精子を用いての人工受精が困難であること[8)9)]もその一因であると思われる。筆者は今回 NH_4OH により産卵を誘発[5)]させたハマグリの卵と精子を用いて，初期発生期のハマグリの適温，適比重について実験を行つたので，ここにその結果を報告し，参考に供する次第である。報告に先だち，懇切なる御教示並びに御校閲を戴いた猪野峻博士に対し，厚く感謝の意を表する。

材料及び方法

人工受精に用いた供試材料は千葉県浦安地先に於いて採集した。卵と精子は共に $^1/_{20}$N NH_4OH 溶液 2 cc 容量を親貝の生殖巣内に注射して産卵を誘発させたものを用いた。受精卵の発生適温及び D 状幼生の適温実験には田内式恒温槽を使用した。即ち受精卵及び発生して D 状幼生になつたものを，清浄海水 40 cc (δ_{15}・1.015) を盛つた径 35 mm，高さ 80 mm の円筒形ガラス容器に収容し，予め温度を調節した田内式恒温槽の各区画中に設置した。又受精卵の発生適比重及び D 状幼生の適比重の実験に於いては各種比重の海水を調整して行つた。即ち受精卵及び D 状幼生を各種比重の飼育海水 20 cc を盛つた径 90 mm，高さ 20 mm の蓋付きシヤーレに収容した。上記海水の調整法は一度濾過し煮沸した天然海水 (Cl. 12.21‰) 及び同じ天然海水に食塩を加えた海水 (Cl. 25.34‰) を $^1/_{10}$N $NaHCO_3$ を加えて pH 7.3 に緩衝した蒸溜水で稀釈し，海水 18 cc＋蒸溜水 2 cc を 90% 海水とし，以下同様にして 10% までの海水を作つた。実験は 1956 年 7 月 16 日～28 日と 8 月 27 日～31 日の期間に行つた。実験期間中，換水は行わなかつた。

実 験 結 果

1. 受精卵の発生適温範囲

受精卵をピペットにて一定量づつ各区画に収容したが，受精卵の観察は 20 時間後に初めて行つたため，発生率，死卵率等については観察出来なかつた。従つてここでは実験終了時に於ける生存 D 状幼生数と斃死した D 状幼生の殻数とを加えた数で，終了時以前の D 状幼生の数を割つたものを D 状幼生の生存率として，受精卵の発生適温範囲を考察するための参考とした。実験の結果を Table 1 に示した。

即ち高温の No. 1 区画 (平均水温 32.8°C) では最初の 20 時間後の調査で，受精卵は既に分解していた。No. 2～6 の区画 (平均水温 30.5～23.6°C) のものは同じく 20 時間後には既に完全な D 状幼生になつて游泳していたが，No. 7 区画 (平均水温 21.2°C) では孵化した Trochophore stage のものが游泳していた。更に低温の No. 8 と No. 9 区画 (平均水温 18.7°C, 15.9°C) では繊毛をもつた胚が卵膜の中で回転していたが，未だ孵化していなかつた。又 12°C 以下の水温の No. 10 と No. 11 区画の受精卵は既に死滅していた。48 時間後の調査では No. 2 区画の D 状幼生は極めて少なかつたが，これは後述の幼生の適温範囲の実験で，同じ温度の幼生が 42 時間経過後，その生存率が約 70% であつたことから，この温度 (30.5°C) では発生率自体がわるか

* 1958 年 10 月 10 日受理　東海区水産研究所業績 A 第 84 号。

第 1 表 ハマグリの受精卵の発生適温範囲

Table 1. Suitable range of temperature for the development of fertilized eggs of *Meretrix meretrix lusoria.*

水槽 Aquarium No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
平均水温 Mean Temperature	32.8	30.5	28.5	27.0	25.1	23.6	21.2	18.7	15.9	12.4	8.0
July 16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
17 (20 hrs. after)	−	D	D	D	D	D	T	E	E	−	−
18 (48 〃)	−	D	D	D	D	D	D	E	E	−	−
19 (70 〃)	−	−	D	D	D	D	D	E	E	−	−
21 (120 〃)	−	−	D	D	D	D	D	D	E	−	−

つたと考えて差し支えないと思われる。その後この No. 2 区画の幼生は 70 時間後に死滅した。No. 3～6 区画の幼生は 70 時間後の調査で夫々約 10, 40, 50, 90% の生存率を示し，120 時間後には若干の成長を認めた No. 7 区画のものは前述の如く，20 時間後においては Trochophore であつたが，48 時間後には既に D 状幼生になつており，120 時間後の調査で約 80% の生存率を示した。No. 8 区画のものは 70 時間後の調査においても未だ孵化していなかつたが，120 時間後において既に D 状幼生になつていた。No. 9 区画のものは No. 8 区画のものと同様に 70 時間後においても孵化せず，120 時間後においても未だ孵化しないものが多く，一部孵化したものは異常胚であつた。

以上のことからハマグリの受精卵は約 31～16°C の間で発生するが，約 16°C (No. 9 区画) においては孵化した游泳胚が異常であつたことから，本種卵の発生適温範囲は約 31～19°C であると推察される。生適水温は D 状幼生の生存率等を考慮して約 27～21°C の範囲と思われる。

2. D 状幼生の適温範囲

D 状幼生を各区画中に約 30 個投入して実験を行つた。実験の結果を Table 2 に示した。

第 2 表 ハマグリの D 状幼生の適温範囲

Table 2. Suitable range of temperature for D-form larvae of *Meretrix meretrix lusoria.*

水槽 Aquarium No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
平均水温 Mean Temperature	33.1	30.7	29.0	27.2	25.4	23.5	21.3	18.8	15.9	12.3	7.5
July 20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21 (16 hrs. after)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
22 (42 〃)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
23 (66 〃)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
24 (91 〃)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
25 (117 〃)	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
26 (143 〃)	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
27 (167 〃)	−	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
28 (190 〃)	−	−	+	−	−	+	+	−	+	−	−

即ち No. 1～9 区画（平均水温 33.1～15.9°C）のD状幼生は最初の 16 時間後の調査で，No. 1 区画のものにわずか斃死個体が認められたが，他は全部活発に游泳していた。No. 10 区画（平均水温 12.3°C）の幼生は死ぬものはなかつたが，活発に游泳するものは約 50% で，他は器底に沈んでいた。最低温の No. 11 区画（平均水温 7.5°C）の幼生は既に殻内々容物はなく，斃死していた。その後 No. 1 区画の幼生は 42 時間後の調査で殆んど斃死し，117 時間後の調査では死滅していた。No. 2～10 区画の幼生は 42, 66, 91 時間後と調査毎に斃死率を増したが，91 時間後の生残率は夫々約 10, 10, 90, 20, 80, 90, 50, 90, 70% であつた。その後これら区画の幼生は漸次斃死率を増しながら 167 時間後の調査では未だ生存するものもあつたが，190 時間後には No. 2, 4, 5, 7, 10 区画の幼生が死滅し，生存する他の区画の幼生も極めてわずかとなつたので，実験を中止した。

以上の結果から，D 状幼生の長期飼育が困難なため，その至適範囲を正確に捉えることは出来ないが，No. 2～10 区画の幼生は約 7 日間生存していたので，又前述の発生適温範囲の結果も併せ考慮して，その範囲は約 31～12°C と思われる。又至適水温は 91 時間後の観察結果を基にし，游泳状態等も考慮すれば，約 27～16°C の範囲と考えられる。

3. 受精卵の発生適比重

この実験は 8 月に行つたが，受精後 18 時間の観察では発生した游泳胚が一部の正常のものを除き，異常型のものが多く，それらがD状幼生になつたものは正しいD型でなく，歪んだD型を示した。これは放出卵の洗滌等に不充分であつたためか，アンモニアの毒性が影響したのではないかと思われる。したがつてここでは受精卵の発生可能な海水比重範囲を知るに止める。実験の結果を Table 3 に示した。

第 3 表 ハマグリの受精卵の発生適比重範囲

Table 3. Suitable range of specific gavity for the development of fertlilized eggs of *Meretrix meretrix lusoria*.

海水濃度 Conc. of sample S.W.	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
比重 Specific gravity	1.034	1.031	1.027	1.024	1.020	1.017	1.014	1.010	1.007	1.003
August 27	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
28 (18 hrs. after)	−	−	+	+	+	+	+	+	−	−
28 (24 〃)	−	−	+	+	+	+	+	+	−	−
31 (88 〃)	−	−	+	+	+	+	+	+	−	−

即ち受精後 18 時間後の調査では高鹹の海水比重 1.034, 1.031 と低鹹の 1.007, 1.003 の受精卵は発生せず死ぬが，1.027～1.014 の範囲のものは前述の通り異常游泳胚が多かつたが，発生した。1.010 のものは 24 時間後の調査においても，未だ孵化しないものがあつた。

以上の結果及び前述の発生適温の実験に用つた海水が比重 1.015 (δ_{15}) であり，受精卵は正常に発生したことから，発生可能な海水比重は 1.027～1.014 の範囲と思われる。

4. D 状幼生の適比重範囲

D状幼生を各種比重の海水に約 40 個収容して実験を行つた。実験の結果を Table 4 と 5 に示した。

即ち夫々の比重の海水に移してから最初の 30 分後の調査で Table 4 の Cl. 25.34‰ の稀釈海

第 4 表 ハマグリのD状幼生の適比重範囲

Table 4. Suitable range of specific gravity for D-form larvae of *Meretrix meretrix lusoria*.

海水濃度 Conc. of sample S.W.	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
比重 Specific gravity	1.034	1.031	1.027	1.024	1.020	1.017	1.014	1.010	1.007	1.003
July 20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20 (30 min. after)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21 (17 hrs. after)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
21 (26 〃)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22 (48 〃)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
23 (70 〃)	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−
24 (94 〃)	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−

第 5 表 ハマグリのD状幼生の適比重範囲

Table 5. Suitable range of specific gravity for D-form larvae of *Meretrix meretrix lusoria*.

海水濃度 Conc. of sample S.W.	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
比重 Specific gravity	1.016	1.014	1.013	1.011	1.010	1.008	1.006	1.005	1.003	1.002
July 20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
20 (30 min. after)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
21 (17 hrs. after)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
21 (26 〃)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−
22 (48 〃)	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−
23 (70 〃)	+	+	+	+	+	−	−	−	−	−
24 (94 〃)	+	+	−	+	−	−	−	−	−	−

水中では，比重 1.034～1.007 のD状幼生は異常がなく，1.003 のものは Velum を出しつぱなしで，繊毛運動を行わないものも認められ，すでに障害が認められた。この 1.003 の海水比重の幼生は 17 時間後約 50%，26 時間後約 90% 斃死し，48 時間後に死滅した。海水比重 1.007 の幼生は 17 時間後の調査で障害が認められ，繊毛運動は不活発となり，48 時間後に約 90% が斃死し，70 時間後に死滅した。1.010 の比重の幼生は特に異常は認められなかつたが，同様に 70 時間後に死滅した。1.034～1.014 の海水比重の幼生は 48 時間後の生残率は約 50～90% であつたが，その後海水中に Ciliata が発生し，これにより死滅されられるものもあつて，94 時間後には生残率は約 1～16% と急減したので，実験を中止した。

Table 5 の Cl. 12.21‰ の稀釈海水中では最初の 30 分後の調査で海水比重 1.002 のD状幼生は殻内々容物は溶出して斃死し，1.003 の比重では前記の Table 4 の場合と同様に Velum はのびつきりで，障害が認められたが，1.016～1.005 の比重の幼生は異常がなかつた。その後 1.003 の比重の幼生は同じ比重の Table 4 の幼生と全く同様に経過して 48 時間後の調査で死滅していた。1.005 の比重の幼生は 48 時間後の生存率は約 30% を示し，同時間後 1.006 の幼生は 6%，

1.008 の幼生は 7% の生存率を示したが，いずれも 70 時間後の調査で死滅していた。比重 1.010 の幼生は 70 時間後約 9% の生残率で，94 時間後に死滅し，1.011 の幼生は 94 時間後の生残率は約 2% であつた。又 1.013 の比重の幼生は 70 時間後に 4% の生残率であつたが，94 時間後に死滅した。然るに比重 1.014 と 1.016 の幼生は 94 時間後の生残率が夫々約 55，73% で，比重 1.013 以下の幼生のそれと格段の高い生残率を示した。

以上 Table 4 においては海水比重 1.031～1.014 の幼生が，Table 5 においては海水比重 1.016，1.014 及び 1.011 の幼生が約 4 日間生存したが，幼生の長期飼育が困難なため，前述の適水温の場合と同様に適比重範囲を明確に捉えることは出来なかつた。しかし生残率等を考慮すれば，短期間の飼育ではあるが，或る程度の適比重範囲は判断されよう。

即ち比重 1.013 以下の低比重海水は D 状幼生に不適当であり，高比重の 1.031 と 1.034 の海水では生残率が比重 1.014 以上のものに比べて低いこと，及び前述の受精卵の発生適比重の実験においても，1.031 以上の海水では発生は行われず，受精卵は死滅することから，幼生の適比重は約 1.027～1.014 の範囲と推察される。

考　　察

前述の如く，初期発生期のハマグリについての報告は極めて少なく，吉田 (1941)[8][9] は生殖巣から切り出した精子と卵を用つての人工受精において若干の D 状幼生を得，又プランクトンネットによりハマグリの幼生を採集し，これを飼育観察している。又畑中，佐藤，今井 (1942)[1] は熟卵を選んで所定のアンモニア海水に所要時間浸漬後精子をかけるアンモニア法により人工受精を容易にし，発生した幼生に *Monas sp.* を餌料としてあたえ，受精から貝殻完成，更に稚貝まで飼育しているが，初期発生期の適温適比重についてはふれていない。従つて今回の実験結果を直接前二者と比較することは出来ないが，間接的に既に報告されたハマグリの産卵期における水温，比重と比較すれば次の様になる。

即ち先づ産卵期の水温については内藤 (1931)[4] は 23～27°C，滝 (1950)[6] は最盛期の水温は 20～30°C，伊藤，小木曾 (1954)[3] は 20～27.5°C と報告しているが，これらは共に今回の実験により得られた適温範囲内にある。

産卵期の比重については滝は千葉地先のハマグリの最盛期の比重は 1.020～1.024 であつたとし，これは今回の実験により得られた適比重の範囲内にあるが，羽田地先のそれは 1.010 前後であつたので，必ずしも一致しない。

なおハマグリと共に養貝場に棲息するアサリについて山本 (1952)[7] はアサリの受精並びに初期発生に好適な塩分の下限は海水比重 1.018 で，比重 1.015 では受精は行われても細胞分裂は阻止されるとし，又自然産卵のものにおいても，同濃度の海水中では異常胚が出来，初期発生に顕著な悪影響をあたえると報じている。又池末 (1956)[2] は潟土の中から採集したアサリの幼貝（殻長 0.21～0.32 mm）の低比重海水に対する抵抗力を実験して，適比重の下限は 1.015 であるとしている。従つて今回の実験により得られた結果と比較すれば，初期発生にはハマグリの方がアサリより，より低鹹度の海水に対しても制約はされず，幼貝になれば両者とも抵抗力は同じとなる様である。

因みに，一般にアサリ，ハマグリの成貝の分布について述べると，アサリはより沿岸まで，ハマグリはより沖合まで分布棲息している。一方ハマグリは親貝となれば深所に移動するので，一見ハマグリはアサリより高鹹度の海水を好む様に思われる。然し稚貝の場合はその発生は略同一で，浦安地区においては，両者の垂直分布上での差異は認め難い。

摘　　要

NH_4OH 溶液注射により，産卵誘発させたハマグリの卵と精子を用いて初期発生期のハマグリの適温適比重試験を行い，次の結果を得た。

1. 受精卵の発生適温範囲は約 31～19°C で，至適水温は約 27～21°C の範囲と思われる。
2. D状幼生の適温範囲は約 31～12°C で，至適水温は約 27～16°C の範囲と考えられる。
3. 受精卵の発生適比重は約 1.027～1.014 の範囲と推察される。
4. D状幼生の適比重範囲は受精卵のそれと同じく，約 1.027～1.014 の範囲と思われる。
5. 上記の結果はハマグリの産卵時期における水温，比重と略一致する。

文　　献

1) 畑中，佐藤，今井： 日水誌，**11**，5.6，218，(1943).
2) 池末，松本： 有明海研究報告，**3**，16–23，(1956).
3) 伊藤，小木曾： 福島県水産課報告，**2**，1–13，(1954).
4) 内藤： 千葉水試内湾分場既往事業報告，昭和5年度，22，(1931).
5) 相良： 日水誌，**23**，9，505～510，(1958).
6) 滝 ： 〃 ，**15**，9，479～486，(1950).
7) 山本： 〃 ，**18**，5，191～196，(1952).
8) 吉田： ヴキナス，**11**，1，1–11，(1941).
9) ——： 農林省水産講習所研究報告，**3**，1，54–67，(1953).

On the Optimum Temperature and Salinity for the Development of Hard Clam, *Meretrix meretrix lusoria* (Röding)

Jun'ichiro Sagara

Very few reports had been published concerning the development of *Meretrix* because of the difficulty in artificial fertilization. The writer examined on the optimum temperature and salinity (specific gavity) for the development of this species after obtaining of fertilized eggs from the clams which were artificially induced to spawn. The material used were collected in Urayasa, Tokyo Bay. In order to induce spawning, the writer injected $^1/_{20}$ N NH_4OH into their gonad. For examining the optimum temperature Tauti's thermostat was used, and for optimum salinity cylindrical glass containers (15 mm dia. and 80 mm high) with various specific gravities were used.

The results obtained are as follows,

1. Suitable temperature for the development of fertilized eggs is 31～19°C, and the optimum range is recognized as 27～21°C.
2. Suitable temperature for D-form larvae is 31～12°C and optimum range is recognized as 27～16°C.
3. Optimum range for the development of fertilized eggs and D-form larvae is recognized as 1.027～1.014.
4. These values in water temperature and salinity described here well coincide with those in natural ground in spawning season.

Ecological Studies of the Topshell, *TURBO CORNUTUS* (Solander)–II*, **

Relation between Diet and Coloration of the Shell

Takashi Ino

Turbo cornutus is a very common marine gastropod in Japan occuring on rocky shores in warm waters. The meat is valued as human food and the shell is utilized in the manufacture of buttons. In some villages which are dependent upon the agar-agar industry, the fishermen recognized these snails as serious enemies of agar-agar because they feed upon vegetable material, as do the abalones. In 1943 the author reported that *Turbo*, when fed only on the brown seaweed *Eisenia bicyclis*, poroduced a white shell. The present report deals with shell coloration in relation to other foods, *Gelidium amansii*, *Sargassum Ringgoldianum*, as well as *Eisenia bicyclis* previously reported upon.

The author wishes to express his thanks to Mr. Takashi Furukawa who helped in the feeding and in maintaining the materials.

Material and Method

The experiment was carried out at Kominato Marine Biological Laboratory in Chiba Prefecture, Japan, from May 31st 1950 to May 30th 1951. The materials were kept in an experimental pond of sea water, protected from rough waves; in this enclosure specimens were kept in bamboo baskets measuring 35 cm in upper diameter, 55 cm in bottom diameter, and 40 cm in height. The pond was dug in bed rock, and measured about 2 m×3 m and 2 m in depth. The upper opening was above high tide level and the two openings near the bottom connected the pond freely with the open sea. Water depth of the pond at low tide was 30 cm. Water temperature in this period ranged between 12~28°C. These experimental conditions established a habitat that was both calmer and darker than that of the normal environment, with the temperature and salinity slightly lower than that encountered by the animals under natural conditions.

The topshells, selected for the experiment were divided into different baskets according to their diet, *Gelidium*, *Sargassum*, and *Eisenia*. The diet of seaweed was changed every 3–5 days and was fed in sufficient quantity after harvesting from the natural bed so that a constant and fresh supply of food was always available to the

* Received Nov. 1, 1958. Contribution A. No. 88 from Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.

** Lecture delivered at the 21 st Annual Meeting of the American Malacological Union, Pacific Division, at Stanford University, California, U. S. A. on July 15–16 1955.

mollusks.

All specimens were numbered just inside the outer lip of the shell with a black pencil. This method of marking is quite simple but proved to be efficient for at least a month. However, if the checking was done more than a month after marking, the mark was difficult to read because of the secretion of pearl of mother layer, and because of the outward growth of the outer lip.

The number of specimens in each groups was 25 at the beginning of the experiment, but in the final analysis, the number of animals was reduced to 11 in the *Eisenia*, 22 in *Gelidium* and 22 in the *Sargassum* group respectively.

Length and weight were recorded every 30 days to determine their growth rate.

Results

1. Shell Coloration and Diet.

The topshell fed with *Eisenia* alone produced only white color in the newly secreted parts of the shell, as reported by author in 1943 (Plate I, A). The *Sargassum* group showed the same tendency to produce a white shell as the *Eisenia* group, but the new shell was definitely more brownish.

On the other hand, the color of the newly secreted part of the shell was dark greenish black mixed with brown in those specimens fed on *Gelidium* alone (Plate I, B).

The diet of several individuals in the *Gelidium* (10) and *Eisenia* (5) groups was changed monthly from *Eisenia* to *Gelidium* or *Gelidium* to *Eisenia* during July 1950 to Feb. 1951. In this experiment, lasting 7 months, the color change resulting from the change in diet was clearly shown as a mosaic in the new shell (Plate I, C).

It can be stated definitely that the kind of algal food influenced color in the newly secreted shell. Colton (1916) and Moore (1936) noted that the shell clolor of *Purpura lapillus* was influenced by the diet. The present author reported that this color changes in relation to food occurs in the abalones of Japan (1952). The shell is produced by the mantle edge. Therefore, the biochemical mechanism by means of which the color pigment in the new shall is controlled and then transported to the mantle edge is a subject requiring further study. If progress can be made in that type of study, it may be possible to deduce environmental conditions and food habits from the color of the shell.

2. Relation between Growth of the Shell and Diet.

As shown in Fig. 1, it is recognized that as a food the *Eisenia* is superior to *Gelidium* and especially to *Sargassum*, for the growth of the topshell. The weight of individuals growing upon Eisenia alone showed an average increase in 134% during the course of experiment. This average was 73% in *Gelidium*, and 30% in *Sargassum*. In final analysis the meat, as percentage of total weight, is apparently higher in *Eisenia* feedings than in the case of the *Gelidium* and *Sargassum* diets (Fig. 2).

When the increase of weight for every month is compared, these values were not even and 4-5 peaks were noticed during a year. The cause of this is another interesting problem for further study.

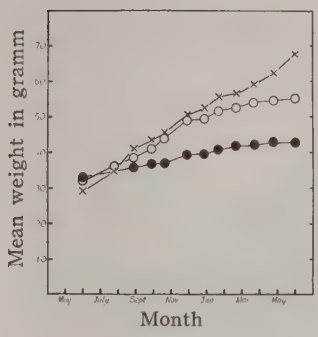


Fig. 1. Comparison of growth curve of topshell, *Turbo cornutus*, fed by *Eisenia* (×), *Gelidium* (○) and *Sargassum* (●) respectively.

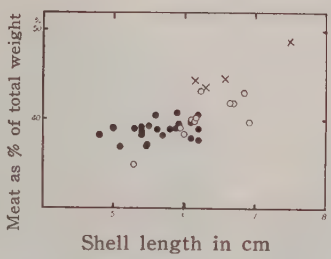


Fig. 2. Comparison of meat weight as % of total weight in *Turbo cornutus* fed by *Eisenia* (×), *Gelidium* (○) and *Sargassum* (●) respectively.

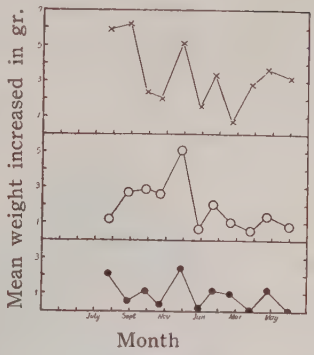


Fig. 3. Monthly increased weight of topshell, *Turbo cornutus* fed by *Eisenia* (×), *Gelidium* (○) and *Sargassum* (●) respectively.

References

Colton, H. S.: On some varieties of *Thais lapillus* in the Mount Desert Region, a study of individual ecology. Proc. Acad. Nat. Sci. Phil., 68: 440–454 (1916).

Ino, T.: Feeding intensity and change of the shell of the topshell (*Turbo cornutus* Solander) due to environments. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 12 (3): 113–118 (1943).

———.: The effect of food on growth and coloration of the topshell (*Turbo cornutus* Solander). Jour. Mar. Res., 8 (1): 1–5 (1949).

———.: Biological studies on the propagation of Japanese abalone (Genus *Haliotis*). Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., No. 5: 1–102 (1952).

———.: Ecological studies of *Turbo cornutus* Solander-I. Changes of the spines on the shell due to environments. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 19 (4): 410–414 (1953).

Moore, H. B.: The biology of *Purpura lapillus*. I. Shell variation in relation to environment. Jour. Mar. Biol. Assoc., 21: 61–89 (1936).

Explanation of Plate I

(Arrows show the border between the shell when collected before the experiment and the newly secreted part after the experiment.)

A. *Turbo cornutus* Solander fed with *Eisenia* alone.
B. *Turbo cornutus* Solander fed with *Gelidium* alone.
C. *Turbo cornutus* Solander fed with *Eisenia* and *Gelidium*.

サザエ (*Turbo cornutus* Solander) の生態学的研究—II.

餌料海藻の種類による殻色の相違

猪　野　　峻

要　　約

軟体動物の貝殻の色彩が食餌の種類によって異ることは Colton (1916), Moore (1936) が *Purpura* について報告し，アワビについては著者 (1952) が報じた通りである。サザエについては 2 回 (1943・1949) に亘りアラメ (*Eisenia*) の摂取が白色の貝殻を生じさせることについて報告したが，本報告はテングサ (*Gelidium*), ホンダワラ (*Sargassum*) 等アラメと共に本種の主要餌料と考えられる海藻について重ねて実験したものである。

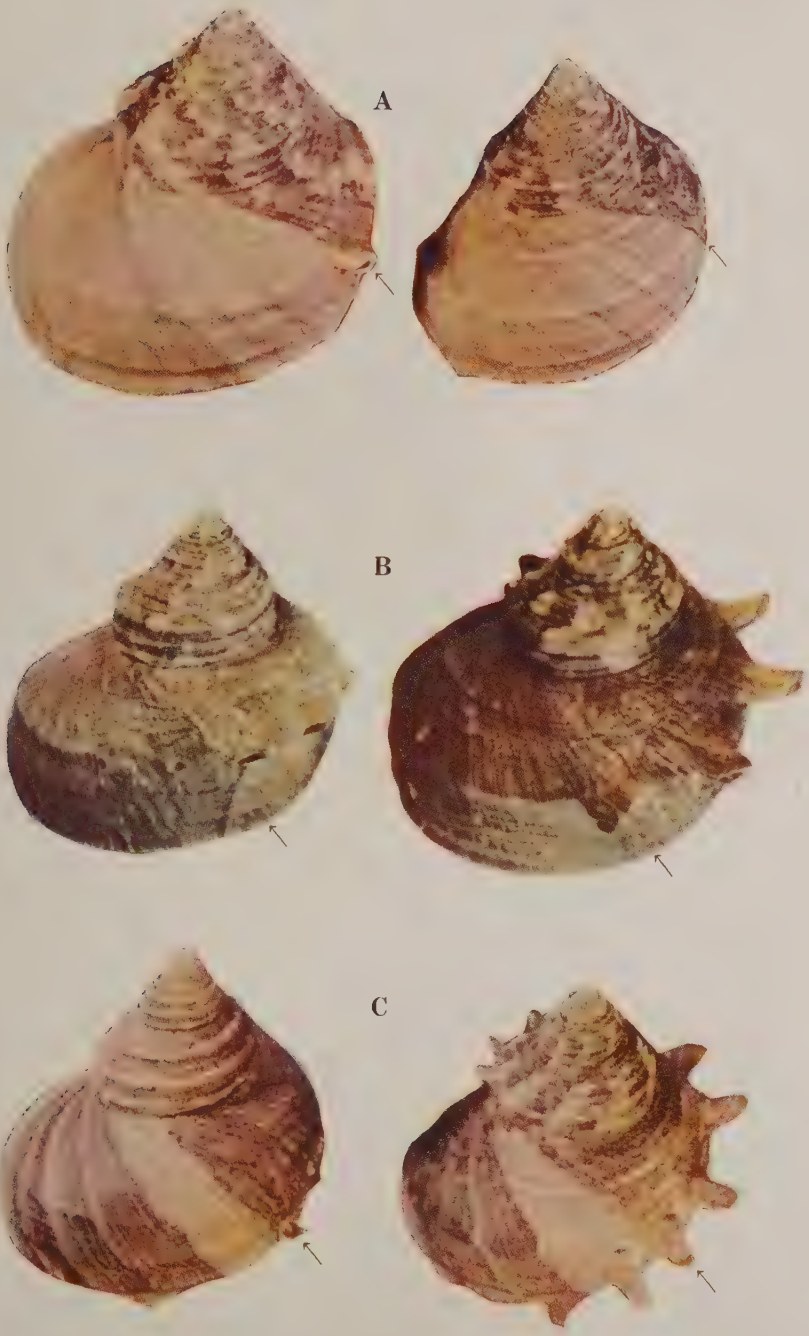
実験を行つたのは千葉県小湊にある岩礁を掘つて作つたプールで，その形状，構造，飼育方法等は前報 (1943・1949・1952) の通りである。餌料は 3 5 日毎に交換投与し，常に十分な摂餌が行われる様にした。各個体の殻口内面に鉛筆で番号を書いて標識とし，毎月 1 回殻長，重量の測定を行つて殻色のみならず成長率の比較もあわせて行つた。期間は 1950 年 5 月 31 日から翌年 5 月 30 日迄の 1 年間で，この間 1950 年 7 月から翌年 2 月の 7 ケ月間，アラメ群の 5 個体とアングサ群の 10 個体は毎月相互に餌料を交換して殻色の変化を調べた。

その結果アラメ群着生部の殻色は従前の報告通り白色であるが，同じ褐藻類であるホンダワラではアラメよりも褐色が強い傾向を示した。テングサの場合は全然異つて緑色がかつた黒褐色を示し，アングサとアラメを相互に交換したものは何れも明瞭に白黒を交錯させた縞模様を生じた。(Plate 1 参照)

成長度は Fig. 1 の通りアラメ群が最も良く，テングサ群，ホンダワラ群がこれにつぐが，満 1 ケ年後の重量増加率はアラメ 134%，テングサ 73.2%，ホンダワラ 30%であつた。実験終了後肉部を除去して，その重量を測定した結果，総重量に対する肉重量の平均割合はアラメ群 45.3%，テングサ群 40.1%，ホンダワラ群 38.7%で，アラメがやはり餌料価値として最大であることを示した。

又月別に各月間の重量増加量を比較すると，各群共に 1 年間に 4〜5 の山が見られた。

PLATE I



トロールに関する研究—II.*
オツターボールドに最大有効迎角を与えるブラケツトの角度について

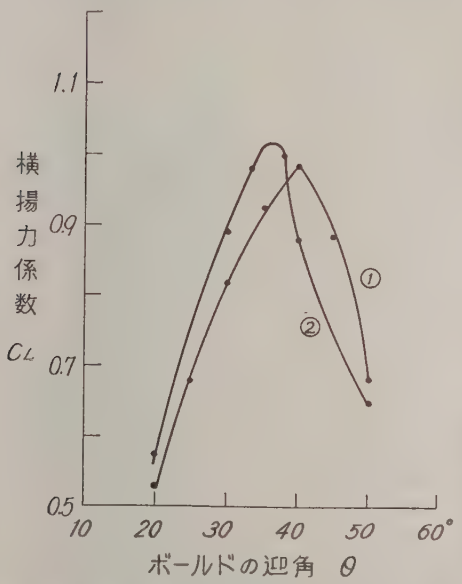
高山重嶺・小山武夫

緒　　言

トロール漁法においてはオツターボールドによつて袖網（左右）の展開が与えられ，その展開の如何は直接漁獲に大きな影響を与える。従つてボールドの迎角を適当に保つ事は極めて重要な問題である。オツターボールドの迎角と網の展開との関係については、さきに田内の理論的研究[1]があり，又最近にはソヴエトにおいて MATPOCOB[2] の実験があるが，著者等は更に，これについて，特にブラケツトの角度或はオツターペンネントの取付位置などとボールドの迎角との関係について模型実験を行い，また最大有効迎角に保つためにはブラケツトの角度を如何に定めるべきかについて図式解法並びに解析を行つたのでここに報告する。

1.　オツターボールドの迎角とそれによる網の展開についての模型実験

オツターボールドの迎角とそれによる網の展開との関係については田内の理論的研究があり，それによると実用されているトロール網とオツターボールドとの組合せでは最大有効迎角は大略35°附近であると導かれている。又 MATPOCOB の実験結果は第 1 図に示される如くである。欧米で使われているトロール網及びオツターボールドも我が国のものと大きな違はないと思われるから，田内の理論的に求めた値及び MATPOCOB の実験結果を併せ考えると，オツターボールドの最大有効迎角は 35～40° とみてよいと思われる。しかしオツターボールドの迎角は網の抵抗，手綱のボールドへの取付位置，ボールドのブラケツトの角度などにより異ると考えられるので，著者等はこれらについて模型実験を行つた。



第 1 図　MATPOCOB によるオツターボールドの θ～C_L 曲線 ①：長方形ボールド　②：楕円形ボールド

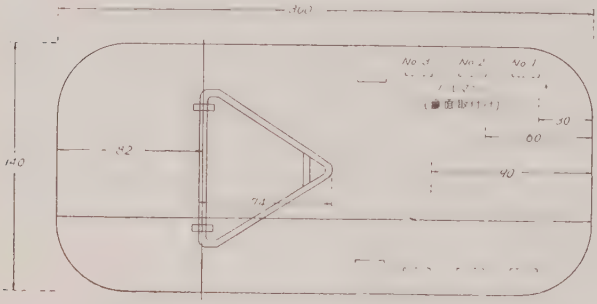
第 2 図　V，D 式オツターボールト（半鎖式）

* 1958 年 10 月 20 受理　東海区水産研究所業績 A第 85 号

実験は当所の試験水槽（幅 4 m，水面長さ約 50 m，有効実験曳行長さ約 35 m，深さ 2～3 m，底面及び側壁コンクリート造）において昭和 33 年 8 月上旬，水温約 20°C の条件において行われた。（なお底面の性質に依る相異に付ては後刻報告予定）

1.1 模　型

供試オツターボールドの原型としては第 2 図に示される如き実際に用いられている V, D 式のものを採つた。その各部寸法は第 3 図に示す通りである。模型及び実物の線寸法をそれぞれ λ 及び λ' とすると，



第 3 図　V. D 式オツターボールドの各部寸法（半鎖式）
単位：cm

$$\frac{\lambda}{\lambda'}=\frac{1}{20}$$

にとり，ボールドの比重並びにワープ類の寸法，比重などは，すべて田内の比較法則に基いて定めた。

実際操業においての曳行速度は普通 3.5 knot 位，すなわち 1.8 m/s 位であるから，模型実験はこれに対しての相対速度を用いる。すなわち実物の $V'=1.8$ m/s に対する模型の相対速度 V を

$$V=V'\sqrt{\frac{\lambda}{\lambda'}}=0.40\ \text{m/s} \qquad (1\text{–}1)$$

とした。

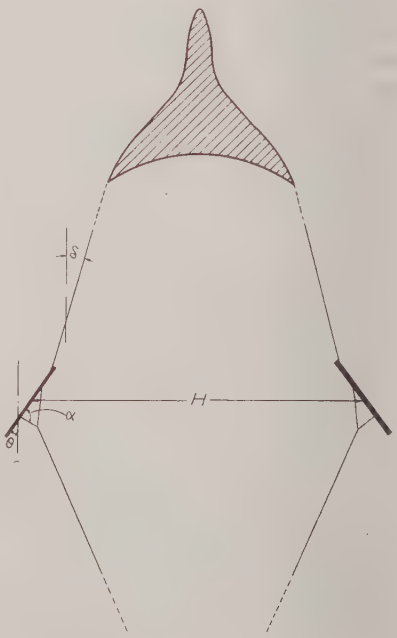
実際の操業においては曳行速度 3.5 knot 位では片側の手綱にかかる張力 F' は普通の状態で約 2.4 ton 位と推定されるから，相似な模型網を用いるとき，相対速度でその片側の手綱にかかる張力 F は

$$F=F'\left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^2\left(\frac{V}{V'}\right)^2=0.30\ \text{kg}$$

となる。よつて模型網としては比較法則に従い実物網と相似であつてボールドと同じ線寸法比 $\frac{\lambda}{\lambda'}=\frac{1}{20}$ をもち，その片側の手綱の張力が相対速度において 0.3 kg 程度であるものを設計して用いた。またワープの長さは実際の場合と同様に水深の 3 倍強とすることにし水槽の深さ 2.5 m に対し模型ワープの長さを 8 m とした。

1.2 実験方法

実験にはオツターペンネントの取付位置を第 3 図の No. 1 及び No. 3 の各ノルマンとする 2 通りの場合を採り，更にそれぞれのノルマンにおいてブラケツトの角度を 70～120° の間を 10° 間隔に撰んだ 6 通りとし，(1–1) 式による相対速度において曳行実験を行い，第 4 図に示される各量，即ちオツターボールドの通角 θ，ボールドの展開距離 H 及び手綱の傾角 δ を測定した。



第 4 図　模型実験において測定した各量

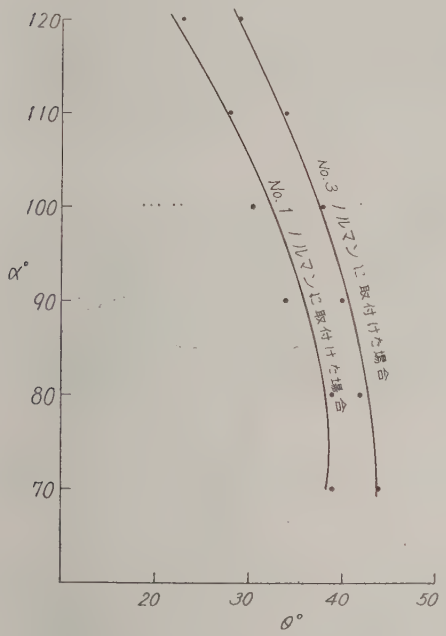
オツターボールドの展開距離は水槽底に描かれている目盛線により目測し，ボールドの迎角，及び手綱の傾角は曳行中にその真上から観測し分度器により測定した。

1.3 実験結果及び考察

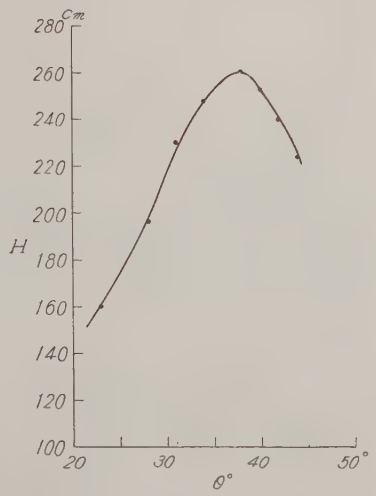
実験の結果は第 1 表及び第 5～6 図に示される通りである。

第 1 表 模 型 実 験 の 結 果

オツターペンネントの取付位置を，No. 1 ノルマンとした場合，				オツターペンネントの取付位置と No. 3 ノルマンとした場合			
ブラケットの角度 $\alpha°$	オツターボールドの迎角 $\theta°$	オツターボールドの展開距離 H cm	手綱の傾角 $\delta°$	ブラケットの角度 $\alpha°$	オツターボールドの迎角 $\theta°$	オツターボールドの展開距離 H cm	手綱の傾角 $\delta°$
70	36～40	260	14～16	70	42～46	224	12～13
80	36～40	260	14～16	80	40～44	240	14～15
90	32～36	248	14～15	90	38～42	252	14～16
100	29～32	230	13～14	100	36～40	260	14～16
110	26～30	196	10～12	110	32～36	248	14～15
120	21～25	160	8～10	120	26～30	196	10～12



第 5 図 オツターボールドの迎角 θ とブラツケツトの角度 α との関係



第 6 図 オツターボールドの迎角 θ とボールドの展開距離 H との関係

実験の結果について次の如く考察できる。

1) 模型実験の結果はオツターボールドの最大有効迎角は θ_m=36～40° である事を示している。模型の寸法及び曳行速度は比較法則を満足するように撰ばれたものであるから，実際操業に対しても最大有効迎角は模型実験の場合と同様に 36～40° であるといえる。この値は田内が理論的に導いた値並びに Матросов が実験により示す値と大体一致している。

2) オツターボールドの迎角 θ はオツターペンネントの取付位置により異り，同じブラケツトの角度 α ではペンネントの取付位置を前へ移すと迎角 θ は大きくなる。

3) オツターペンネントの取付位置は異つてもボールドの最大有効迎角は殆ど変らず，どの場合にも $\theta_m=36\sim40°$ である。

4) 手綱の傾角はボールドの迎角 θ 及びブラケツトの角度 α が異ると共に変るが，その変化の量は比較的小さく，最大有効迎角 θ_m においての手綱の傾角は $\delta=14\sim16°$ である。

5) 最大有効迎角 θ_m を与えるブラケツトの角度 α はオツターペンネントを取付けるノルマンの位置により異り，ペンネントの位置が前方による程 θ_m においての α は大きい。

2. オツターボールドに最大有効迎角を与えるブラケツトの角度の求め方

オツターボールドに最大有効迎角を与えるブラケツトの角度はペンネントを取付けるノルマンの位置により異るが，それぞれのノルマンの位置に対しては最大有効迎角を与えるブラケツトの角度は定まつている。よつて与えられた網及びオツターボールドの組合せにおいてボールドに最大有効迎角を与えるブラケツトの角度を図式或は解析的に求めることを試みた。

2.1 図式解法

オツターボールドにかかる力を見ると第 7 図にみられる如く，ノルマンにおいて曳行方向と δ なる角をなして手綱の張力 F がかかり，ボールドの面には垂直に板の抵抗圧力 P がはたらき，又ブラケツトの先端にはワープの張力 T がその方向にはたらいており，これらが釣合を保つ。

ボールドへの垂直圧力 P の作用点の位置は迎角が θ なる時ボールドの中心より前方に次の式により表わされる d なる距離にある[1]。

$$d=\frac{3}{4}\frac{\cos\theta}{4+\pi\sin\theta}l \quad \cdots\cdots (2\text{–}1)$$

ただし l はボールドの長さとする。

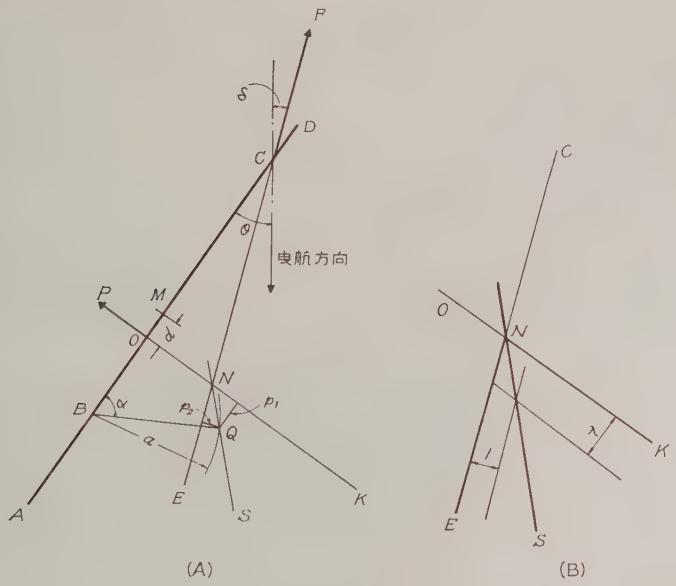
与えられたオツターボールドではブラケツトの寸法及びその取付位置は定まつている。又前節によりオツターボールドの最大有効迎角は $\theta_m=35\sim40°$ と推定される。更に手綱の傾角 δ は網の抵抗とボールドによる展開力との関係により異るが実際操業の場合には大体定まつた範囲内にあり，模型実験の結果ではボールドの最大有効迎角 θ_m にあつて，手綱の傾角 δ の値は大体定つている。

これらを参考にしてボールドの最大有効迎角 θ_m 及びこの迎角における手綱の傾角 δ を適当に定める時は，ボールドによる網の展開を最大ならしめるブラケツトの角度 α は次のようにして図式により定め得ることができる。

第 7 図 (A) において，曳行方向と最大有効迎角 θ_m をなす直線 AD をひきその長さをボールドの長さ l にとる，AD の中点 M より前方に (2–1) 式により求められる d なる距離に O 点をとると，これは垂直圧力の作用点であり，垂直圧力 P はこの点においての垂線 OK 上に図示の如くはたらく，又 C を撰ばれたノルマンの位置にとり，この点を通り曳行方向と δ なる角をなす直線 CE をひけば手綱の張力 F は C 点において図示の如くはたらく，OK 線と CE 線との交点を N とすると，N は与えられた条件においては定まつた点となる。

曳行状態においてのブラケツトの先端を Q とし，これから OK 線及び CE 線への垂線の長さをそれぞれ p_1 及び p_2 とすると，ボールドが展開して安定な曳網が行われるためには

$$p_1P=p_2F \quad \cdots\cdots (2\text{–}2)$$



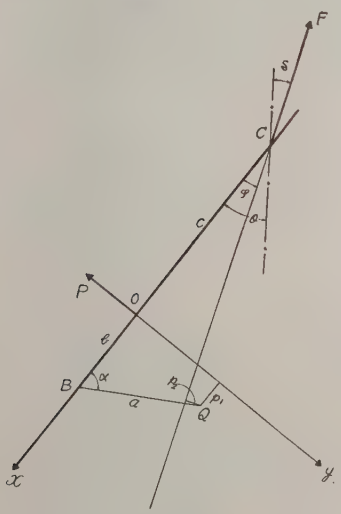
第 7 図　図 式 解 法 図

なる関係が満足され，且つ Q 点は ∠KNE の内側にあることが必要である。

或は F と P との比を λ とすると

$$\frac{p_1}{p_2}=\frac{F}{P}=\lambda$$

なる関係にあり，すなわち Q はそれから OK 線及び CE 線への距離の比が λ である点の軌跡上にある。λ の値は曳行速度並びに網に入つた魚の量及び状態により異るが，普通の曳行速度及び入網魚の状態に対しては λ の値は大体定まつたものと考えられるから，λ として適当な値を採ると第 7 図 (B) の如くにして OK 線及び CE 線への距離の比が λ である点の軌跡として NS 線を描き得る。Q は ∠KNE の内側にあることが必要であるからこの軌跡直線のうち ∠KNE の内側にある部分 NS が要件を満足せしめる点である。



第 8 図　解 析 図

又ブラケツトの取付点を B としブラケツトの長さを a とすると，ブラケツトの先端 Q は B を中心とし a を半径とする円周上にある。よつて Q はこの円と，さきの軌跡 NS との交点 Q として定められ，従つてブラケツトの角度 α を求め得る。

2.2　解析的方法

オツターボールドにはたらく垂直圧力 P の作用点 O を原点にとり，第 8 図に示す如くボールドの面に沿うて x 軸を，又これに垂直に y 軸をとる。O 点の位置は (2-1) 式により定められ又ノルマンの位置 C 及びブラケツトの取付点 B も定まつた点であるから OB 及び OC の長さは定まり，これをそれぞれ b 及び c とし，ブラケツトの長さ

を a，そのボールドとなす角を α とする。又ボールドの迎角 θ と手綱の傾角 δ との差を φ とし

$$\tan\varphi=m$$

とおく

然らば垂直圧力 P の線は

$$x=0$$

により表わされ，手綱にはたらく F の線は

$$y=mx+mc$$

により表わされる。

ブラケットの先端 Q の座標を (x_1, y_1) とすると，これから P の線及び F の線への垂線の長さ p_1 及び p_2 はそれぞれ

$$p_1=x_1$$

$$p_2=\frac{y_1-mx_1-mc}{\sqrt{1+m^2}}$$

により与えられる，そして x_1 及び y_1 はそれぞれ

$$x_1=b-a\cos\alpha$$

$$y_1=a\sin\alpha$$

と表わされるから，p_1 及び p_2 はそれぞれ

$$p_1=b-a\cos\alpha$$

$$p_2=\frac{a(\sin\alpha+m\cos\alpha)-m(b+c)}{\sqrt{1+m^2}}$$

と導かれる。

よつて (2-2) 式に表わされる条件即ち

$$p_1P=p_2F$$

は

$$(b-a\cos\alpha)P=\frac{a(\sin\alpha+m\cos\alpha)-m(b+c)}{\sqrt{1+m^2}}F$$

と表わされ，更に $\frac{F}{P}=\lambda$ とおき，又 $\frac{1}{\sqrt{1+m^2}}=\cos\varphi$, $\frac{m}{\sqrt{1+m^2}}=\sin\varphi$ なる関係を用いると，

$$\lambda\cos\varphi\sin\alpha+(1+\lambda\sin\varphi)\cos\alpha=\frac{b}{a}(1+\lambda\sin\varphi+\lambda k\sin\varphi)$$

と導かれる，ただし $k=\frac{c}{b}$ とする。

よつて $$\frac{1+\lambda\sin\varphi}{\lambda\cos\varphi}=\tan\Phi \qquad 0<\Phi<\frac{\pi}{2}$$

とおけば上の式は

$$\sin(\alpha+\Phi)=\frac{b}{a}(\tan\Phi+k\tan\varphi)\cos\Phi$$

或は $$\sin(\alpha+\Phi)=\frac{b}{a}(\sin\Phi+k\tan\varphi\cos\Phi)$$

となる，よつて右辺を

$$\frac{b}{a}(\sin\Phi+k\tan\varphi\cos\Phi)=\sin\Psi \qquad 0<\Psi<\frac{\pi}{2}$$

とおくならば

$$\sin(\alpha+\Phi)=\sin\Psi$$

と表わされ，これより

$$\alpha=\Psi-\Phi \quad \cdots\cdots (2\text{–}3)$$

或は

$$\alpha=\pi-\Psi-\Phi \quad \cdots\cdots (2\text{–}3')$$

として α を求め得る。

ボールドが展開して安定な曳網が行われるためには Q が ∠KNE の内側にあることが必要であり，それは

$$x_1>0 \quad \cdots\cdots (2\text{–}4)$$

及び

$$y_1>mx_1+mc \quad \cdots\cdots (2\text{–}5)$$

なる条件により表わされる。

(2–4) 式よりは

$$b-a\cos\alpha>0$$

よつて

$$\cos A_1=\frac{b}{a}, \qquad 0<A_1<\frac{\pi}{2}$$

$$A_1<\alpha<\pi \quad \cdots\cdots (2\text{–}6)$$

なる条件が与えられる。又 (2–5) 式よりは

$$\sin(\alpha+\varphi)>\frac{b}{a}(1+k)\sin\varphi$$

よつて

$$\sin A_2=\frac{b}{a}(1+k)\sin\varphi, \qquad 0<A_2<\frac{\pi}{2}$$

$$\sin(\alpha+\varphi)>\sin A_2$$

となり，これより

$$A_2-\varphi<\alpha<\pi-\varphi-A_2 \quad \cdots\cdots (2\text{–}7)$$

なる条件が与えられる。

よつて (2–6) 式の A_1 と (2–7) 式の $A_2-\varphi$ とのうちの大きい方を A' とすると

$$A'<\alpha<\pi-\varphi-A_2 \quad \cdots\cdots (2\text{–}8)$$

が Q が ∠KNE の内側にあるための条件であり (2–3) 式或は (2–3′) 式により与えられる α のうち上の (2–8) 式の条件に適するものが求める α である。

例えば第3図に示されるオツターボールドを用いるものとし，その最大有効迎角を $\theta_m=37°$ として計算すると，$d=31$ cm であり，この値を用いて $b=37$ cm 又 c はノルマンの位置が No. 1,

第 2 表　最大有効迎角 $\theta_m=37°$ を与えるブラケツトの角度 $\alpha°$

手綱の傾角 $\delta°$	$\frac{F}{P}=\lambda$ / ノルマン	2		3		4		5	
	No. 1	—°	—′	—°	—′	—°	—′	—°	—′
12	2	71	30	75	15	77	40	79	45
	3	85	15	90	40	94	5	96	30
	No. 1	66°	10′	69°	15′	71°	40′	73°	35′
15	2	81	15	86	45	90°	10	92	40
	3	91	55	98	25	102	15	105	0
	No. 1	79°	45′	85°	35′	89°	25′	91°	55′
18	2	90	0	96	50	100	55	103	40
	3	98	30	105	50	110	15	113	10

備考，手綱の傾角 $\delta=12°$ の場合には No. 1 ノルマンでは迎角 37° は成立たない。

2 或は 3 なるに従い c=151, 121 或は 91 cm となる，ブラケツトの長さは a=74 cm と定まつている。又手綱の傾角 δ は δ=12, 15, 及び 18° なる 3 つの場合を想定し，それぞれの場合につき λ=2, 3, 4, 及び 5 なる場合に対して最大有効迎角 θ_m=37° を与えるブラケツトの角度 α を求めると第 2 表の如くに得られる。

実際の操業では $\frac{F}{P}=\lambda=3$ 位と推定され，実験に用いた模型網とボールドとの組合せも大体 λ=3 位になる予想のもとに作られたものであるが，模型実験の結果は θ=36～40° において δ=14～16° であり，この時の α は No. 1 ノルマンで 70°, No. 3 ノルマンで 100° 位となつており，この値は第 2 表の δ=15°, λ=3 とした場合とよく一致している。

要　　約

トロール漁法にとつてオツターボールドの迎角は袖網間隔に大きな影響を与える極めて重要な問題である。よつてボールドのブラケツトの角度，並にオツターペンネントの取付位置とその迎角との関係について模型実験を行い，又ボールドを最大有効迎角に保つためにはブラケツトの角度を如何に定めるべきかについて図式解法，並に解析を試みた。その結果を要約すると，

1) 模型実験の結果，供試オツターボールド(第 2 図及第 3 図)の最大有効迎角は θ_m=36～40° である。

2) オツターボールドの迎角 θ はオツターペンネントの取付位置により変り，同じブラケツトの角度 α ではペンネントの取付位置を前へ移すと迎角 θ は大きくなる(第 5 図)

3) オツターペンネントの取付位置は異つてもボールドの最大有効迎角は殆ど変らずどの場合にも θ_m=36～40° である。(第 1 表)

4) 手綱の傾角はボールドの迎角 θ 及びブラケツトの角度 α が異ると共に変るがその変化の量は比較的小さく最大有効迎角 θ_m においての手綱の傾角は δ=14～16° である(第 1 表)。

5) 最大有効迎角 θ_m を与えるブラケツトの角度 α はオツターペンネントを取付けるノルマンの位置により異り，ペンネントの位置が前方にある程 θ_m においての α は大きい (第 5 図)。

6) 最大有効迎角 θ_m を与えるブラケツトの角度 α を図式或は解析的に求める方法を導いた。図式による解法，並に解析による計算値 (第 2 表) は模型実験値 (第 1 表) と大略一致する。

終りに当り，取まとめに当つて種々御指導を賜つた源生所長，並に実験に際し御協力頂いた加藤武司氏に厚く御礼申上げる。

文　　献

1) 田内森三郎：“水産物理学”，朝倉書店，東京，1949.

2) N. P. Матросов: Заверты тралов и меры борьбыс ними, рыбное хозяйство. Август. 8. 1957.

Studies on Trawl-Net–II
Determination of the Angle of Inclination of Triangular Brackets giving the Optimal Angle of Attack to the Otter Board

Sigene Takayama and Takeo Koyama

Synopsis

One of important problems in trawl operation is the angle of attack of the otter board that affects the distance between the wings. In this regard model experiments

have been carried out to determine the angle of in clination of the triangular brackets to the board, the position of the pendant on the otter board and their relationship with the angle of attack. In addition, graphical determination and mathematical analysis have been made to obtain the angle of the brackets that secure the optimal angle of attack for the otter board.

1) In the result of the model experiments the optimal angle of attack θ_m for the otter board tested (Figs. 2 and 3) was found 36–40° (Table 1 and Fig. 6).

2) The angle of attack of the otter board θ is dependent on the position of the pendant rigged on the otter board. For instance, when the dependant is set on a forward position of the board with the angle of the brackets α, θ becomes larger than the case arranged otherwise (Fig. 5).

3) The position of the pendant hardly seems to affect θ_m, as θ_m remained at 36–40° in all the cases tested (Table 1).

4) The angle of attack of the hand rope δ at the optimal θ_m, though it changes depending on θ and α, does not exceed beyond the range of 14–16° (Table 1)

5) The angle of the brackets α that gives θ_m depends on the position of Norman at which the pendant is rigged. The further the pendant is rigged at a forward position of Norman, the greater is α at θ_m (Fig. 5).

6) The values of α obtained form the drawn curve (Fig. 7) and mathematical analysis (Table 2) are found in an approximate agreement with those observed through the model experiments (Table 2).

魚群探知機基礎試験—I.*
50 kc 試作機による予備試験

高山重嶺・吉牟田長生

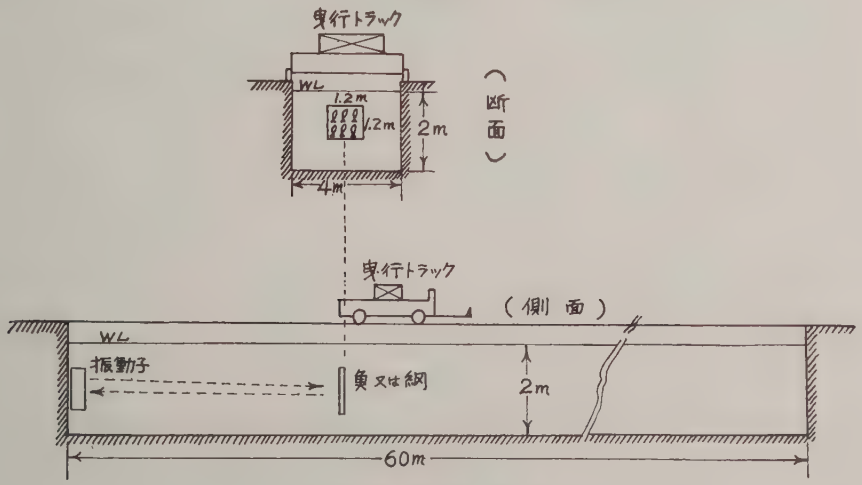
緒　　言

従来の 14.5 kc 超音波測深機によつて魚群を検知することは一応可能であるが，無限平面の海底に比べて魚群や漁具は固有の超音波反射率が低く，かつ断片的存在であるため測深機を魚探機として使用するには合目的設計に変える必要がある。

一般に魚群や漁網などに音波が入射する場合の現象はそれが波長に comparable な小物体または不規則な集合体であるため，それからの反射はむしろ散乱というべきものであるから Reyleigh の理論** によつて魚探の目的には波長を短くする方が有利であると考えられる。よつて吾々は 50 kc 魚探機を試作し，かつ受波利得を従来の 120 db から 150 db 程度に上げ，この試作機によつて魚群量や魚種判別が可能であるか，またそれ等の超音波反射率や反射状態の変化について基礎資料を得るため次の様な予備実験を行つた。

実験装置及び方法

本実験は 1947 年 7 月より 1950 年 6 月までの間に当所試験水槽（長さ 60 m，巾 4 m，深さ 2～3 m）において行つたものである。実験装置は第 1 図に示す如く，水槽の一端に送受波振動子を固定し，試験反射体はこれを 1.2 m×1.2 mの枠内に張架し，この枠をその中心が水面下 1.2 m にある様に曳行トラックから吊下げ，振動子から試験反射体までの距離を所定の値にとつてトラ



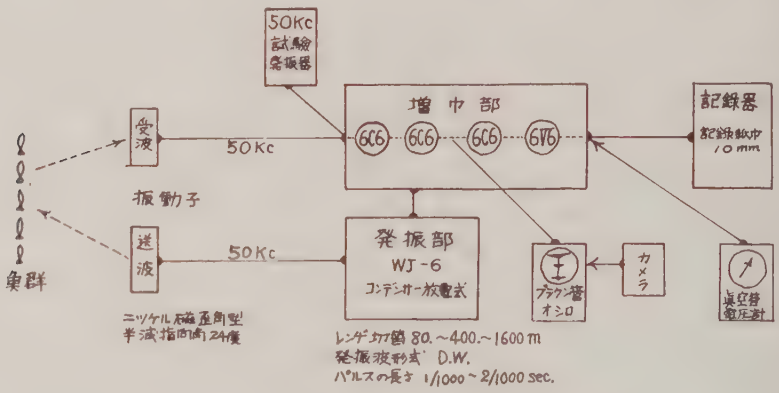
第 1 図　実験装置

---

* 1958 年 10 月 21 日受理　東海区水産研究所業績 A 第 86 号

** $\frac{I_s}{I_i} \propto \frac{V^2}{\lambda^4 r^2}$　I_s. I_i；夫々反射，入射波強度　V；体積　λ；波長　r；反射体までの距離

ックを停止し，或はトラックを走行させて振動子と試験反射体との間の距離を変化せしめながら反射波を測定した．測定装置は第 2 図に示す如くである．反射波の測定はブラウン管オシログラフ及び記録像によつた。測定回数は何れも 3 回以上とした。



第 2 図 試作機と測定装置

試験反射体の超音波反射損失を求めるには，投影面積が上記の枠とほぼ等しい鉄板（縦 75 cm. 横 182 cm. 厚さ 0.2 cm）を振動子から一定の距離に定置し，これを模擬海底と仮定し，その反射波振巾を基準として 0 db ととり，試験反射体の超音波反射損失を求めた。

試験反射体としては 5 種の魚類（サバ・タラ・カレイ・イカ・イワシ）及び 3 種の綿網地（2 寸目 42 本合モヂ，14 節 3 号 16 番，20 節 2 号 20番）を用いた。

実験結果及び考察

1.） 魚の個体数と反射損失との関係 実験結果は第 1 表に示す如くである。これを見ると超音波反射音圧は何れの魚種についてもビーム内の魚の個体数のほぼ平方根に比例するものとなつている。このこと並びに供試魚種による魚体の大小と反射音圧との関係などをも考えると，反射音

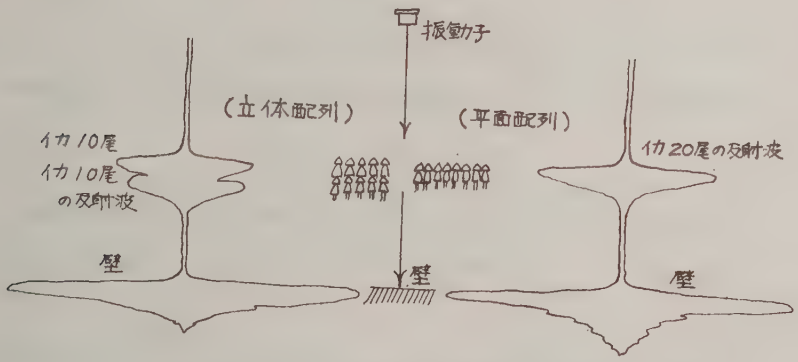
第 1 表 魚群体の反射損失

魚種	尾数	反射波振巾 mm	反射損失 db	記事
サバ	5	3.2	−11.5	l=25~30 cm
	10	4.4	− 8.8	
	15	5.7	− 6.5	
	20	6.7	−5	
タラ	5	2.7	−12.6	l=27~37 cm
	10	3.8	−10	
	15	5.2	− 7.2	
	20	6.0	−6	
	25	6.5	− 5.3	
カレイ	5	2.4	−14	l=17~24 cm
	10	3.2	−11.5	
	15	4.5	− 8.5	
	20	5.0	− 7.6	

イカ	5	1.6	−17.7	l=17～25 cm
	10	2.2	−14.7	
	20	3.3	−11.2	
	30	4,4	− 8.8	
	40	4.9	− 7.7	
イワシ	5	1.4	−18.7	l=10～15 cm
	10	1.9	−15.9	
	20	2.8	−12.6	
	30	3.1	−11.7	
	40	3.7	−10.2	
	50	3.9	− 9.8	
	60	4.3	− 8.9	
鉄板	1	12	0	182 cm×75 cm×0.2 cm

圧は反射体の超音波ビームに垂直な面への投影面積のほぼ平方根に比例するものとみることができる。

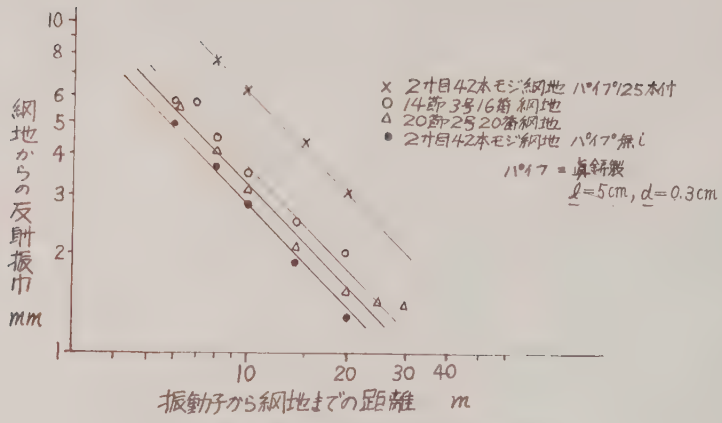
2.）ビーム内における魚体の配列と反射音圧との関係　数個の魚体をビーム内に平面配列にした場合と立体配列にした場合との相違をみるため，第 3 図に示す如く，サンマ，イカ，タラ，イワシについて，同一魚種のもの N 個を投影面積 1 m^2 の正方形平面に配列した場合と，同じ N 個を体積 1 m^3 の立方体内に立体配列とした場合とにつき，それぞれ反射波を測定した。その結果の一例を示すと第 3 図の如くであり，平面配列の場合は立体配列の場合に比べて，振巾では 1.2～1.5 倍となるが，反射映像の面積では 0.5～0.8 倍となつている。これは試作機のパルスの長さが水深に換算して約 1 m となるから立体配列の場合が見掛け上の量が多くなる。



第 3 図　平面配列と立体配列の反射波

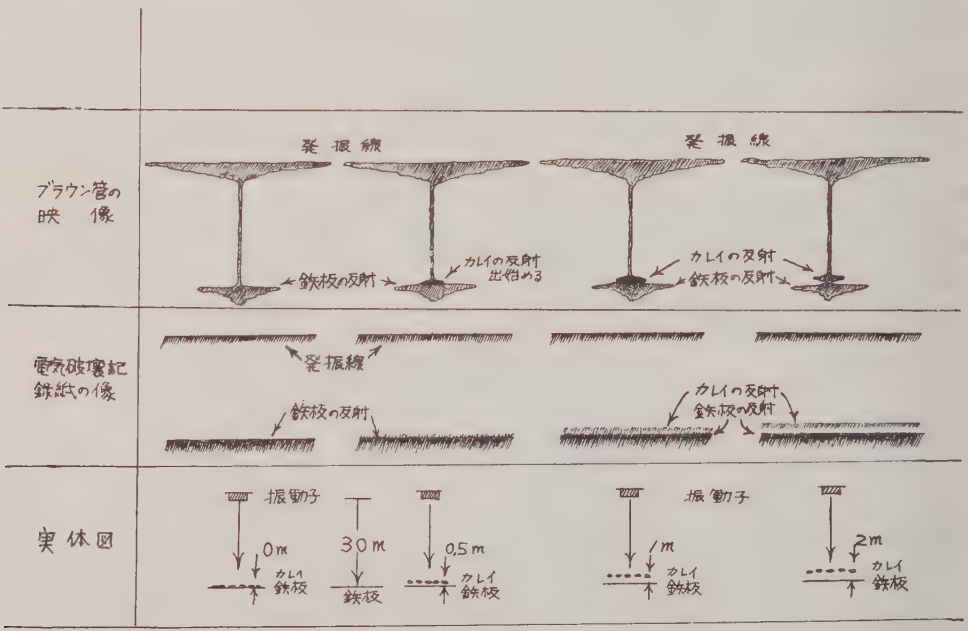
3.）網地の反射音圧　網地についての実験結果は第 4 図に示す如く，反射音圧はほぼ距離の自乗に反比例し，反射波は球面拡散することが認められる。

4.）記録の分解能　魚探機の性能として一つの重要事項である記録の分解能についてみるため 2 枚の同じ網地（1.2 m×1.2 m の枠内に 20 節網地を張架したもの）をビーム軸に垂直にかつ一定距離をおいて配置し，その中間に魚群，木片，気泡などを存在せしめた状態において反射波を調べた。その結果は網間の距離が大体 4 m 以上である時音源→網→魚群→網と明瞭に分解記録されるが，4 m 以下になると反射波は散乱，干渉して分離記録は不可能となる。



第 4 図　網地からの反射減衰特製

また底付魚群と海底からの反射との分解能を試験するため模擬海底として鉄板を使い，魚群を鉄板から 0, 0.5, 1, 2 m と置した場合について反射波形を比較した。その結果は第5 図に示す如く大体満足すべき分解能をもつことが示された。



第 5 図　底付魚群の反射像

5.）　**魚種の判別**　　反射波の映像或いは記録像により魚種の判別が可能であるか否かについての実験として，7 魚種（何れも死魚）について，それからの反射波の映像及び記録を比較したが，これらによる魚種判別は不可能であつた。

6.）　**振動子と反射体との間に相対運動がある場合の反射**　　振動子を固定しておいて魚群をこれに対して移動する場合及び反対に魚群を定置しておき振動子をこれに対して移動する場合との各々について実験した。その結果はそれぞれ第 2 表及び第 3 表に示す如くである。即ち振動子を固

第 2 表 振動子を固定し魚群を移動した時の記録状態

移動速度 knot	振動子より遠ざける	振動子に近づける
1	移動によつて生ずる気泡，魚体の傾斜，振動などにより反射損の増加は −10 db 以上になり残された気泡により著しい散乱吸収が見られる。	反射損の増加は −10 db 以下である。魚群に取り残された気泡のため記録は尾を引いた状態となる。
0.5	吸収散乱現象は減り反射損の増加は −10 db 以下になる。	反射損 −5 db 以下になる。
0.3	タラ，サバ等の大型魚では静止時と同じ。イワシ。イカ等はわずかに反射損の増加がみられる。	左欄に同じ。

第 3 表 魚群を固定し振動子を移動した時の記録状態

移動速度 knot	魚群より遠ざける	魚群に近づける
1	振動子面に渦流を生じ魚群の反射損は不安定で −20 db 以上と推定される。	振動子面の渦流はないが前進に伴う小振動のため魚群反射の記録は不安定となり損失の増加は −10 db 以上となる。
0.5	反射損は不安定で −10 db 以上と推定される。	反射損の増加は尠い。
0.3	反射記録不安定で −10 db 以上と推定される。	反射損の増加は殆んどない。

定し魚群を移動せしめた場合には，魚種が小型のイワシやイカの如く移動に伴い振動しやすいものは大型のタラやサバにくらべて，その移動速度による反射損が大きいことが認められた。又魚群を定置し振動子を移動せしめた時は振動子の曳行トラックへの装着が不完全であつたため振動子が移動に伴つて動揺し，そのためによる減衰がみられた。

7.） 超音波によるイカ群の検知の可能性 この実験を行つた当時には魚体の超音波反射に寄興するものは主としてその浮袋であろうと考えられていたが，この実験においては浮袋をもたないイカでもその 1 尾を距離 30 m において反射波を明瞭に記録した。これにより考えると超音波反射は水と反射体との密度差による surge-impedance からみて

ρ_1 及び ρ_2＝それぞれ水及び魚体の密度

c_1 及び c_2＝それぞれ水及び魚体の音速

$z_1=\sqrt{\rho_1 c_1}$　　$z_2=\sqrt{\rho_2 c_2}$

とおけば反射率 R は

$$R=\left(\frac{z_1-z_2}{z_1+z_2}\right)^2$$

により与えられるから，イカについて ρ_2 を 1.02 とし c を 1500 として上式により R を求めると概算して $R=0.00058$ 即ち約 −65 db となり，イカでも反射波による検知が可能なることが推察される。

以上の諸実験の結果からみて，本試作機は魚探機としての性能を満足するものであり，又目的とする魚群，網地その他の超音波特性の実験研究にも用いられるものといえる。

Fundamental Study of the Detection of Fish by Supersonic Wave-I. Preliminary Tests on the Supersonic Reflection of Fish and Fishing Net with a 50 kc Supersonic Fish Finder.

Shigene TAKAYAMA and Chosei YOSHIMUTA

Synopsis

With a specially designed fish finder (50 kc supersonic wave), various experiments were carried out in our experimental tank to study (1) the supersonic reflection loss of fish body and fishing net, a factor which is needed for determining the size, number and distribution of fish by the supersonic wave; (2) effect of relative motion of the vibrator and the fish on the reflection loss; and (3) the image selectivity of the fish finder distinguishing the fish from the sea bed. The experimental results are shown tables 1–3 and Figs. 1–5.

魚類肝臓のビタミンB_6含量*

築瀬正明

先に[1] 著者は諸種の魚類について肉組織のビタミンB_6含量を測定し，同種魚類に於ては肉のB_6含量の個体差は小さいこと，又血合肉に富む回游魚は血合肉の少い定着魚に比し肉のB_6含量が高い傾向があることを観察し，之よりB_6は魚体肉の新陳代謝に酵素的役割を有し，体組織中に必要量だけ保有されるものである事を推測した。今回は主として肝臓についてB_6を定量し以上の点を吟味した。

I. 料材及び方法

供試魚類の大半は前報に於て使用した試料と同じであるが一部は異る。何れも新鮮な試料を用いた。組織よりB_6の抽出法，B_6の定量法も前報と変らない。即ち組織は 0.055N H_2SO_4 で加圧下，加水分解してB_6を抽出し，B_6の定量は *Sacc. carlsbergensis* を試験菌とする bioassay[2] によつて行い，組織中の全B_6を pyridoxine-HCl として表わした。

II. 実験結果

1. 魚類諸種組織のB_6含量——数種魚類について得られた諸種組織のB_6含量は Table 1 の如くである。魚類体組織のB_6含量については，既に三宅，林[3] の報告があり，各組織中肝臓が最

Table 1 Vitamin B_6 content in various tissues of fish (γ/g. on wet basis)

	カマス Barracuda *Sphyraena pinguis*	サバ Common mackerel *Scomber japonicus*	カツオ Skipjack *Euthynnus pelamys*	フナ Crucian carp *Cyprinus carassius*
Ordinary meat	4.7	4.6	11.5	2.0
Dark meat	—	—	9	1.7
Liver	19	6.8	25	—
Kidney	7.5	—	—	—
Pyloric caeca	—	1.4	1.0	—
Gonad	—	—	—	1.4
Skin	0.7	—	—	—

も高いB_6含量を有することが明らかにされて居る。Table 1 によると測定した組織の中では，やはり肝臓が常に最も高いB_6含量を示すが，肝臓と肉のB_6含量の差は比較的少い。その他の内臓は幽門垂を除けば肉と略々同程度のB_6含量を示す。幽門垂にはB_6が少い。又普通肉と血合肉とではB_6含量の差異は認められない。

2. 魚類肝臓のB_6含量——諸種魚類の肝臓のB_6含量を Table 2 に示す。これ等肝臓のB_6含量を前報の肉のB_6含量と比較すると，前報と本報で共通する魚類 16 種の肉のB_6含量の平均値は 3.6 γ/g.，肝臓は 8.9 γ/g. となり，両者の相違は3倍以内で，ビタミン B_1，B_2，B_{12} 葉酸等の場合に比べてずつと少い。同種の魚類では魚の大小（或は年令）による肝臓のB_6含量の

* 1958年8月25日受理，東海区水産研究所業績A第81号

Table 2 Vitamin B_6 content of fish liver

Species of fish	Body length cm.	Body weight g.	B_6 content of liver γ/g.	Source of sample
アブラザメ Dogfish	97	7,800	3.3	Onahama, Fukushima Pref.,
Squalus sucklii	74	2,950	2.8	Apr. 13, 55
ベニマス Red salmon	65	4,000	4.5	Tsukiji, Tōkyō,
Salmo nerka				Oct. 10, 54
アユ (Ayu)	10.5~11	—	3.5	Sagami River, Kanagawa Pref.,
Plecoglossus altivelis	8 ~ 8.5	—	4.6	June 2, 55
ウナギ Eel	60, 65	560, 650	7.9	Hamana Lake, Shizuoka Pref.,
Anguilla japonica	44, 48	210, 230	5.3	June 8, 56
ウグイ Minnow	32	500	3.7	Urayasu, Chiba Pref.,
Leuciscus bakonensis	23	180	4.8	Sept. 21, 55
サンマ Saury	28 ~30.5	105~150	10	Tsukiji, Tōkyō,
Cololabis saira			15	Sept. 25, 54
			10	
			11	
ボラ Mullet	26	430	5.1	Urayasu, Chiba Pref.,
Mugil cephalus	17.5	150	5.5	Sept. 21, 55
カマス Barracuda	27	225	19	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Sphyraena pinguis	21.5	90	18	Oct. 5, 54
サバ Common mackerel	36.5	790	4.8	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Scomber japonicus	36	785	6.8	Oct. 5, 54
	30	380	5.7	
	22	155	4.2	Dec. 18, 54
	34	620	11	
	28	290	10	Nov. 9, 56
マグロ Bluefin tuna	27	555	7.4	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Thynnus thynnus	20	170	5.4	Aug. 12, 55
ソオダカツオ Frigate mackerel	42	1,450	9.6	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Auxis thazard	26	315	7.4	Sept. 28, 55
カツオ Skipjack	52.5	—	25	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Euthynnus pelamys	52.5	—	13	May 12, 55
スミヤキ (Sumiyaki)	46	675	11	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Promethichthys prometheus	22.5	65	10	Aug. 12, 55
アジ Jack mackerel	22, 22	160, 165	3.6	Tsukiji, Tōkyō,
Trachurus trachurus	12, 13	30, 35	8.7	Sept. 29, 54
ブリ Yellow tail	64	5,850	5.0	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Seriola quinqueradiata	34	890	2.9	Oct. 3, 55
イサキ (Isaki)	30	532	9.3	Manazuru, Kanagawa Pref.,
Parapristipoma trilineatum	14	53	9.3	Aug. 12, 55

チ ダ イ Porgy *Evynnis japonica*	27 16	700 200	3.0 5.1	Manazuru, Kanagawa Pref., Oct. 3, 55
ヘ ダ イ Porgy *Sparus aries*	20 14.5	330 125	21 20	Manazuru, Kanagawa Pref., Oct. 5, 54
カ サ ゴ Rock cod *Sebastiscus marmoratus*	22.5 16.5	310 180	1.9 2.0	Manazuru, Kanagawa Pref., Aug. 12, 55
ホ オ ボ オ Sea robin *Chelidonichthys kumu*	33 22	690 190	12 9	Manazuru, Kanagawa Pref., Oct. 5. 54
ヒ ラ メ Flatfish *Paralichthys olivaceus*	29	360	3.7	Manazuru, Kanagawa Pref., Sept. 28, 55
ス ケ ト ウ Alaska pollack *Theragra chalcogramma*	45 32	950 390	3.8 2.0	Kamo, Yamagata Pref., Nov. 30, 55

個体差は非常に小さく，その差は殆んど2倍以内に止つている。肝臓に於ても肉に於ける如く B_6 含量の個体差が小さいと言うことは，B_6 の魚体内に於ける生理的役割が新陳代謝の遂行にあり，組織中に一定の必要量だけ保有されることを示すものである。次に魚種の相違による肝臓の B_6 含量の変動を見ると，最低 2 γ/g.（カサゴ）から最高 20 γ/g.（ヘダイ，カツオ）の程度であつたが，本実験の範囲では魚の環境，習性の違いと肝臓の B_6 含量の大さとの間に関連性は認められない。然し肝臓と肉の B_6 含量の差異は比較的小さいから，B_6 は魚体中主として肉組織に多く分布していることが窺われる。従つて肉の B_6 含量が高い魚類は魚体全体としても B_6 を多量に含有する。即ち肉に B_6 の多い洄游魚は肉に B_6 の少い定着魚に比し全魚体の B_6 含量も高い様である。

III. 摘　　要

諸種魚類の体組織主として肝臓のビタミン B_6 含量を *Sacc. carlsbergensis* を使用する bioassay によつて測定し，次の結果を得た。

1) 同種魚類に於ける肝臓の B_6 含量の個体差は小さく，2 倍を越えることは殆んどない。

2) 魚種による肝臓の B_6 含量の変異は 2～20 γ/g. の程度である。

3) 魚体各組織の中，肝臓が最も B_6 含量が高いが，肝臓と肉の B_6 含量は比較的接近して居り，その差は平均3倍以内である。

終りに本研究を指導せられ且つ報文の校閲を賜つた東秀雄博士に厚く御礼を申し上げる。

文　　献

1) 著者：日水誌，**22**, 51 (1956)

2) Atkin, L., Schultz, A. S., Williams, W. L., and Frey, C. N.: *Ind. Eng. Chem., Anal. Ed.*, **15**, 141 (1943)

3) Miyake, M., and Hayashi, K.: *Rep., Facul. Fish., Pref. Univ. Mie*, **1**, No. 3 (1954)

The Vitamin B_6 Content of Fish Liver

Masaaki YANASE

Synopsis

In succession to the preceding report (YANASE, M., 1956, Bull. Jap. Soc. Fish. **22**, 51) further investigation into the vitamin B_6 content of fish was pursued.

The vitamin B_6 content in various tissues of fish, mainly in the liver was determined by the microbiological assay using *Sacc. carlsbergensis* as the test organism. As are tabulated in Tables 1–2, these values reveal that:

1. The difference of the vitamin B_6 content in the liver is little between individuals of the same species of fish.

2. Among different species, on the other hand, the vitamin B_6 content in the liver of fish so far examined ranges from 2 γ/g (rock cod, *Scbastiscus marmoratus*) to 20 γ/g (skipjack, *Euthynnus pelamys*, and porgy, *Sparus aries*).

3. The liver contains vitamin B_6 on a higher level than any other tissue of fish, but the difference of B_6 potency between the liver and the meat is usually not larger than three times.

魚皮の螢光物質フルオロデルミンについて*

平尾秀一・菊地嶺

緒言

暗処で魚に紫外線をあてると多くの魚は紫がかつた螢光を発する。この螢光は魚体の殆ど全表面に汎つて認められるが，うろこ，胸びれ，背びれ，尾びれ等は特に著しく，皮の白い斑紋の部分，腹部等もかなり顕著である。アジ等では体側のぜんごの部分が螢光強くイトヨリ等では黄線の部分が Tunaxanthin[1] の螢光と相俟つて強い光輝を発する。著者等はこの螢光が魚皮中に存在する一種の不鹸化物によることを認め，これを単離してその性状を検しこれを Fluorodermin と名ずけた。

実験方法

1. Fluorodermin の抽出法

著者等はアジ，サバ，サケ，タイ，キンギヨなどの皮からこの螢光物質を分離することが出来た。玆にはサバを原料とした例を示す。

サバの中型のもの 30 尾から皮を集め，常法通り脱水芒硝とエーテルを用いて油を抽出し，次に酒精カリで鹸化した後不鹸化物を抽出し，石油エーテル溶液からアルミナによるカラムクロマトを行つた。アルミナはメルク製のものをそのまま用いた。色素はカラムの上部に吸着され，下部は全く無色であるが石油エーテルで展開しつつ紫外線燈下に観察するとこの無色の部分に紫青色の強い螢光を発する物質が除々に留出してくるのがみられる。この留分を集め，未鹸化のステロールや色素類を除くために酒精カリ又は Na メチラートで処理して水溶性物質を除いた後，再びクロマトを行い，溶媒を除去すると殆ど無色の蠟状物質が得られる。収量は約 30 mg であつたが，ひれを原料とすれば更に収量はよかつたであろう。

2. 結晶化の試み

前記の蠟状物質を少量の EtOH−石油エーテル混液 (1 : 1) に溶かし，減圧で徐々に石油エーテルを蒸発すると稍不定形の結晶状半透明の固体が折出する。この操作をくりかえし，或は熱 EtOH から再結を試みたが，折出物の外観は前と大差なく，シヤープな形の結晶とはならなかつた。融点は 33～35°C であまり鋭敏ならず，一旦融けたものを 10°C 前後に放置するとやがて凝固する。この物質を Fluorodermin と呼ぶこととし理化学的性状を検することにした。

3. Fluorodermin の性状

i) 溶解度

石油エーテルに易溶，$CHCl_3$ に易溶，エーテルにはやや溶け難い。EtOH には難溶で室温で 100 cc の EtOH に 15 mg 以下である。

以上の点およびアルミナカラムに殆ど吸着されず，石油エーテルで溶出されるところから本物質は炭化水素と考えられる。

ii) 光学的性質

本物質の石油エーテル，エーテル，$CHCl_3$，EtOH 等の溶液は紫外線により紫青色の螢光を発す

* 1958 年 10 月 20 日受理，東海区水産研究所業績 A 第 83 号

る。螢光の肉眼的観察には「マナスルライト」を用いたが，紫外線選択フイルターをそれぞれ365mμと 253.6 mμ とした場合では，前者の方が遙かに螢光が顕著であつた。本物質のエーテル溶液を日立EP型分光光度計により螢光のスペクトルを測定した結果は Fig. 1 の通りで，413 mμ の光が最も強く，此処を中央として左右対象形の曲線をなしている。

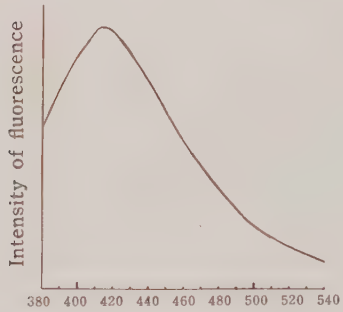


Fig. 1 Fluorescent spectra of Fluorodermin (in ethyl ether)

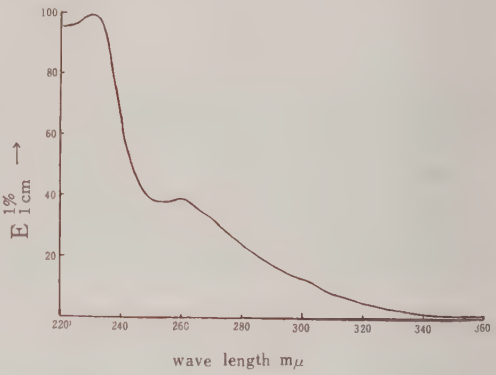


Fig. 2 Ultra-violet absorption curve of Fluorodermin (EtOH Solution)

本物質の EtOH 溶液につき紫外部吸収スペクトルを測定した結果を Fig. 2 に示す。231.5 mμ, 260 mμ にそれぞれ極大を有する。なお 300 mμ 附近に僅かにふくらみがある様にみえるが明瞭ではなかつた。これより本物質は分子内に共役二重結合を2ケ以上を有するものと想像される。$E^{1\%}_{1cm}$ は 231.5 mμ の処で 99.5, 260 mμ の処で 38.8 であつた。

iii) その他

本物質は $SbCl_3-CHCl_3$ 試薬で呈色せず一昼夜放置後に僅かに褐色を呈するのみである。

4. 魚類における Fluorodermin の分布

i) 硬骨魚類の皮，ひれ

前述のごとくサバ，アジ，キンギョ等の皮の不鹸化物をクロマトグラフに掛けると，いずれの場合にも紫青色の螢光物質が留出し，その色調，展開状況等は全く同様である。サケの皮，キワダのひれについても同様であつたが，サケの場合は紫青色の螢光物質が留出したあと，やや離れて更にコバルト色を帯びた別の螢光物質が展開される。又キワダのひれの場合は紫青色の螢光物質につづいて，螢光を発する吸着帯が数本存在するのが観察され，その色調もそれぞれ少しずつ異つていた。これらの物質については今後検討する予定であるが，いずれにしても Fluorodermin は硬骨魚類に広く分布するものと云えるであろう。

なお黄色カロチノイドである Lutein, Tunaxanthin 等も青紫色の螢光を発するが強度はごく弱く，Astaxanthin には殆ど螢光が認められない。

種々の魚においてクロマトカラムのごく上部にコバルト色の強い螢光を発する物質（自然光では無色）が認められるが，恐らくこれはステロールの一種であろう。

ii) 眼　　球

サバの眼球につき Fluorodermin の有無を検した。Table 1 に示すように眼球一ケ当りほぼ皮 1g と同程度の量がふくまれているようである。

iii) 皮の Fluorodermin 含量の個体差

サバ 10 尾を用い，頭部とひれを除いた残りの部分の皮（両側全部）につき Fluorodermin 量を測定した。測定には八木式微量螢光光度計を用い，10 個の検体中最も螢光の強いものを 100 と

Table 1 Fluorodermin Content in Mackerel Skin and Eye

Sample No.	Intensity of fluorescence per gram of sample	Date and locality of catch
M—1 Skin	100	'58. 4. 17 MANAZURU
M—2 〃	19	〃
I—1 〃	10	'58. 3. 19 ITO
I—2 〃	13	〃
O—1 〃	13	'58. 3. 20 OOSHIMA
O—2 〃	43	〃
O—3 〃	59	〃
K—1 〃	28	'58. 4. 14 KOUZU-SHIMA
K—2 〃	22	〃
K—3 〃	69	〃
O—1 Eye	48	'58. 3. 20 OOSHIMA
O—2 Eye	104	〃

し，他をそれに対する比率で表わし Table 1 の数値を得た。これによれば魚種が同じでも Fluorodermin 量は相当の個体差があることが知られる。

iv) 皮，肉，内臓の Fluorodermin 含量の比較

小アジを用いて皮及びひれ，肉，内臓（肝臓，消化器，幽門垂を含む）の三部分に分け，三者の Fluorodermin 量を比較した。皮及びひれに最も多いが，内臓にも若干検出され，肉にも極く少量ながら検出された。

v) スクアレンを含むサメ肝油

シラツボ（アイザメの一種といわれる）肝油を鹸化しクロマトに掛け紫外線燈下にて観察したが，ごく弱い白味掛つた螢光物質の留出するのが見られ，Fluorodermin らしき紫青色の螢光は認められなかつた。

考　　察

本報で Fluorodermin と命名した物質はまだ元素分析，赤外スペクトル等の検討を行つておらず，精製法もアルミナによるクロマトグラフを繰返したのみであるから確実に単一物質であるかどうかは断言できない。しかし著者等はカロチノイド研究の目的で相当多種類の魚を処理した際，常にクロマトカラムの最下部にこの紫青色の螢光物質の留出するのを認め，螢光の色調，アルミナに対する行動等は魚種に拘らず同様であつたから，恐らく本物質は大低の魚種に共通な一成分であると考える。

前にものべたごとく魚皮の不鹸化物をクロマトグラフに掛け，石油エーテルで Fluorodermin を留出させた後，種々の比率のエーテル—石油エーテル溶液を用いて展開を行うと又別の螢光物質が一種乃至数種留出して来る場合があるが，これらの性状及び Fluorodermin との関係は今後検討の要があろう。

著者等は先に魚皮中のカロチノイドは外界の光を能率よく吸収し，魚の光感応を助ける機能をもつものであろうという考[1] を述べたが，本報の螢光物質も亦これに関与するものではないかと考える。Fig. 3 に示すごとく近紫外部の光はかなりよく水中に透入するが，本螢光物質も近紫外部の光により励起され，生じた螢光の波長は 400 mμ から 500 mμ 辺に及んでいる (Fig. 1)。

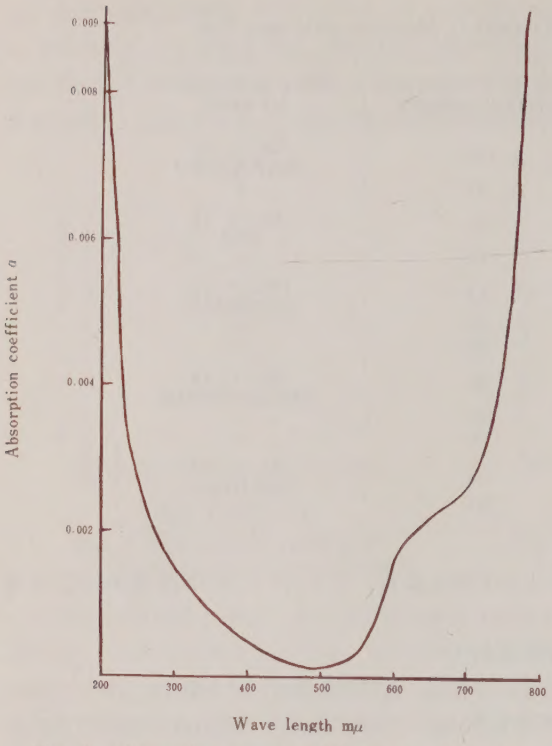


Fig. 3 Absorption curve of Water (by Kreusler, Ewan, Asschkinas and Nicols)

この波長域はあたかも Lutein や Tunaxanthin 等の吸収域に一致している。このことはカロチノイド色素が吸収しえない短波長の光を，螢光物質が長波長の光に変え，外界の光をなるべく多く魚皮内に取入れる役割をつとめていると想像される。或は又別の見方をすれば，水中で魚が体表面から 400～500 mμ 辺の螢光を発している場合，これは水中の自然光の波長域とほぼ近いから外敵に対する保護色の役をするのかとも想像される。既報のごとく魚皮のカロチノイドは背側に多く腹側には著しく少いが[2] 本螢光物質は腹側にも存在するから後者の想像の方が或は真に近いかもしれない。

いずれにしても魚類が皮やひれにこの種の物質を含有することは魚が水中で紫外線をかなり感知する能力をもつことを示すものではないかと想像される。このことは例えば漁撈上，漁具の選択や漁法にも検討を要する場合があるのではないかと考えられる。

摘　　要

1. 多くの魚は紫外線を当てると皮，ひれ，鱗等が紫青色の螢光を発する。この螢光の本体は一種の蠟状物質で恐らく炭化水素ならんと推定し Fluorodermin と名ずけた。

2. Fluorodermin は石油エーテルに易溶，EtOH に難溶で，エーテル溶液の螢光スペクトルは 413 mμ に極大を有し，EtOH 溶液の吸収スペクトルは 231.5 mμ と 260 mμ に極大を有する。

3. サバ，アジ，キンギョ，サケ，キワダ等の皮，ひれに Fluorodermin の存在を認めた。サバの皮につき検した結果，含量にかなりの個体差があつた。サバの眼球にも本物質の存在を認めた。アジの内臓にも存在を認めたが肉にはごく少なかつた。スクアレンを含むサメ肝油には本物質の存在を認めず，又スクアレンの螢光はごく弱く，本物質とは色調も異つていた。

4. Fluorodermin は魚皮中でカロチノイドの光感応を助け，或は外敵に対する保護色の役をなすのではないかと想像した。

本研究を御指導下さつた当水研東秀雄利用部長，助言をいただいた衣巻豊輔技官に厚く感謝の意を表する。

文　　献

1) 平尾，山田，菊地：本誌第 16 号 (1957)

2) 同上：日水誌 **21** 962 (1955)

Fluorodermin, a Newly Found Fluorescent Hydrocarbon in the Skin of Fishes

Shuichi Hirao and Ryo Kikuchi

Synopsis

Most of fish including mackerel, jack mackerel, salmon, gold fish etc. gleam in bluish purple when illuminated with ultra-violet ray in a dark place, the fluorescence especially evident on scales and fins. The authors separated this fluorescent substance as a kind of hydrocarbon from the skin of mackerel, jack mackerel and other several kind of fishes, and named it as *Fluorodermin*. When the unsaponifiable matter of the skin is adsorbed on the column of Al_2O_3 from petroleum ether solution, a purple fluorescent zone is observed under ultra-violet ray at the bottom of the column. By refining this fraction fluorodermin is obtained from ether solution as white, waxy crystalls. The crystal melts at 33–35°C, being easily soluble in petroleum ether, but less in ether and hardly in cold ethanol. Fluorescent spectra shows a maximum at 413 mμ in ether solution. The fluorescence is observed much more intensely under the ray of 365 mμ than 253.6 mμ. Ethanol solution shows two absorption maxima at 231.5 and 260 mμ, but nothing at all in the visible region.

The authors assume that the fluorodermin must be playing a role upon the photo responce of fishes together with other carotenoids in the skin, because the range of the absorption spectra of lutein, tunaxanthin and other carotenoids which are abundantly contained in the skin of fishes is found overlapped upon the fluorescent spectra of fluorodermin.